Aus der Medizinischen Klinik der Universität Tübingen
Direktor: Prof. Dr. F. Koch

Tachographischer Vergleich zwischen Form, Verlauf und Wirkungsweise verschiedener künstlicher Atemmethoden im Gegensatz zur Normalatmung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizin, Chirurgie und Geburtshilfe
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Josef Engeser
aus Villingendorf bei Rottweil

1939

Buchdruckerei Albert Becht, Tübingen, Hirschgasse 16

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen

Dekan: Prof. Dr. Stickl

Berichterstatter: Prof. Dr. L. Fischer

Meinen Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549601_0031

A. Einleitung.

In der medizinischen Geschichte trifft man schon frühzeitig auch auf Darstellungen und Schriften, die sich mit der Wiederbelebung Scheintoter befassen. Volks- und Wunderglaube haben dieses verwickelte Problem medizinischer Forschung hineingetragen bis in das philosophische und religiös-mystische Denken. Muten uns auch Wiederbelebungsmethoden, wie das Rollen in einer Tonne, künstliche Beatmung von Mund zu Mund mit Atemluft oder Tabakrauch, Einblasung von Luft in die Lungen mit dem Blasebalg (angegeben von Hunter, gebräuchlich noch bis ins 19. Jahrhundert), heute zum wenigsten noch sehr unwissenschaftlich an, so finden wir doch sehr bald auch Methoden, wie sie zum Teil noch heute gebräuchlich sind, wenn sie auch eine andere, wissenschaftliche Erklärung gefunden haben. Reizung von Haut und Schleimhäuten mit mechanischen, chemischen und elektrischen Reizen — kalte und warme Uebergießungen, Schlagen, Schwingen asphyktischer Neugeborener, Salmiakgeisteinwirkung auf die Nasenschleimhaut, Vorziehen der Zunge nach Laborde, elektrische Reizung der Nasenschleimhaut nach Hunter-Hufeland und das Tabakklistier — sind nur teilweise noch junge, dazu meist von ähnlichen älteren abgeleitete Methoden und werden auch teilweise noch heute mit bestem Erfolg angewendet (Wiederbelebung und Geburtshilfe). Erst im 19. Jhd. tauchen Methoden auf, welche die Elastizität des Brustkorbes zur passiven Durchlüftung der Lungen benützen (Methoden von Silvester, Howard, van Hasselt-Schüller und Schäfer), denen noch viele andere in neuerer Zeit gefolgt sind, u. a. von Jellinek, Holger Nielsen und Kohlrausch, ganz abgesehen von den maschinellen Methoden mit Inhabadapparat, Pulmotor, Barospirator, Biomotor und wie sie sonst noch alle heißen. Daß heute neben diesen hauptsächlich angewandten Methoden der künstlichen Beatmung noch andere Methoden — direkte und indirekte Massage des Herzens, Ein-

spritzung von Arzneimitteln ins Herz, in Rückenmarkskanal und Cysterne — in der Wiederbelebung verwendet werden, mag kurz erwähnt sein.

Was uns gerade zu dieser Untersuchung der künstlichen Atmung veranlaßte, waren folgende Gründe:

Einmal ist die künstliche Beatmung nach wie vor eine der wichtigsten Wiederbelebungsmethoden. Zweitens gehen die Beurteilungen vieler manueller wie maschineller Methoden über eine eindrucksmäßige Erfassung ihrer Wirkung nicht hinaus; exakte Untersuchungen, welche Methode nun eigentlich die besten Ergebnisse zu liefern vermag, fehlen vor allem bei den neuen Verfahren vielfach noch. Drittens waren es klinisch-praktische Gesichtspunkte, die auf dieses Thema hinweisen; und zwar einmal die Häufung der Anwendungsnotwendigkeit der künstlichen Atmung — bedingt durch die moderne Technik und die gewaltige Zunahme des Sportes und des Badebetriebes mit Vermehrung der Unfälle — in der Lebensrettung, und dann auch neue Anwendungsmöglichkeiten der künstlichen Atmung in der klinischen Therapie z. B. bei Emphysem, Asthma und Atemlähmung.

In der Pneumotachographie (Fleisch und Hochrein) steht eine neue und gute Untersuchungsmethode zur Verfügung, deren Anwendung bei der künstlichen Atmung einen Vergleich mit den spirometrischen Versuchen ergibt und die vor allem auch neue Einzelheiten am ganzen Problem erkennen läßt, da sie ja die Form des Atemverlaufes aufzuzeigen imstande ist. Eine tachographische Untersuchung der künstlichen Atmung wie überhaupt eine derartige vergleichende Betrachtung ist bis zum heutigen Tage noch nicht bekannt.

Aufgabe dieser Arbeit ist daher, einen tachographischen Vergleich zwischen Form, Verlauf und Wirkungsweise verschiedener künstlicher Atemmethoden im Gegensatz zur Normalatmung anzustellen. Die spirometrischen Versuche dienen dabei lediglich als Kontrolle.

B. Das Versuchsverfahren.

I. Die Spirometrie:

Die Spirometrie ermöglicht eine genaue Messung der geatmeten Volumina. Wenig oder nichts besagt sie aber über die Geschwindigkeit des Atemstromes und seine Veränderungen. Alle bisherigen Ergebnisse wurden spirometrisch gewonnen. Diese spirometrischen Versuche waren daher notwendig, um exakte Vergleichswerte zu erhalten.

Für die Versuche wurde der Knippingsche Kreislaufapparat angewandt, der eine direkte Ablesung des geatmeten Sauerstoffs und außerdem eine Bestimmung der Kohlensäure gestattet. Verwendet wurden jugendliche und nicht vorbehandelte Versuchspersonen. (Versuche an Leichen [Bruns] wurden nicht angestellt.) Nach der Anpassung an die schwache Widerstandsatmung konnten die Versuchspersonen durch Umstellung eines Zweiwegehahnes direkt an den Versuchsapparat angeschlossen werden. Verschiedene anfängliche Einstellungsversuche wurden nicht berücksichtigt. Die Versuchspersonen waren absolut ruhig gelagert auf einem flachen Ruhebett. Gesunde und jugendliche Personen — 21 bis 27 Jahre alt — wurden wegen ihrer besseren Anpassungsfähigkeit gewählt, und zwar für alle Versuchsreihen die gleichen, von denen jeweils zwei Versuche errechnet wurden.

In jedem Versuch wurden aufgezeichnet:

a) Die normale Ruheatmung, als Ausdruck des augenblicklichen Sauerstoffbedürfnisses.

b) Die künstliche Beatmung bei voller Passivität der Versuchspersonen.

c) Die Spätatmung, d. h. die Spontanatmung im Anschluß an die künstliche Beatmung, als Ausdruck des vorhandenen Sauerstoffbedürfnisses (nur kurze Zeit aufgezeichnet). Als Wertmaßstab gilt die jeweilige Ruheatmung. Dauer des Gesamtversuchs etwa 10 Minuten.

Bestimmt wurde für jeden Spirometerversuch der normalen wie der künstlichen Atmung (Durchschnittswerte aus etwa 10 Atemzügen):

1. Volumen des einzelnen Atemzuges.

2. Mittlere Abweichung der einzelnen Atemphasen vom Durchschnittswert, als Ausdruck der Regelmäßigkeit oder Unregelmäßigkeit der Atmung.

3. Zahl der Atemzüge in der Minute.

4. Minutenvolumen.

5. Die Spätatmung wurde nur ausnahmsweise wie a und b errechnet, meistens nur eindrucksmäßig erfaßt.

6. Der respiratorische Quotient, d. h. das Verhältnis von abgegebener Kohlensäure zu aufgenommenem Sauerstoff wurde deshalb festgelegt, weil er ebenfalls ein Ausdruck für die Ventilation der Lungen darstellt. Werte von etwa 0,85—0,9 entsprechen einer genügenden Ventilation, darunter liegende einer mangelnden, darüber liegende einer Ueberventilation.

II. Die Tachographie.

Das Pneumotachogramm ist die Geschwindigkeitskurve des Atemstromes. Gibt uns das Spirogramm genauen Bescheid über die Volumina der Atmung, so läßt uns das Tachogramm vor allem die Form der einzelnen Atemphasen und deren Verlauf erkennen. Genaue Abgrenzung von Ein- und Ausatmung, Uebergang der beiden Phasen ineinander, genaue zeitliche Angaben für den einzelnen Atemzug u. a. kann uns nur das Tachogramm liefern. So ergeben also beide Methoden getrennt nur Bruchstücke, in Verbindung miteinander aber ein umfassenderes Bild der künstlichen Atmung wie der Atmung überhaupt.

Für die tachographischen Untersuchungen wurde Hochreins Pneumotachograph verwendet. Sein optischer Hebelarm betrug 1 m. Die sich ergebende Kurve ist das Pneumotachogramm, dessen Ordinatenwerte mit gewissen Einschränkungen etwa proportional den Geschwindigkeiten des Atemstromes sind.

Die Versuchspersonen, ihre Lagerung und ihre Anpassung an den Apparat waren dieselben, wie bei den spirometrischen Versuchen. Geatmet wurde gewöhnliche Luft. Aufgenommen wurde bei jedem Versuch:

1. Nullinienabschnitte am Beginn und Ende des Versuches.
2. Die Ruheatmung.
3. Die künstliche Atmung.
4. Zeitschreibung. (4 Teilstriche entsprechen einer Sekunde.)

An den Tachogrammen wurden folgende Werte — Durchschnittswerte aus 5—10 Atemzügen — festgelegt:

1. Zeit der Inspiration und Exspiration ergibt sich aus dem Verhältnis: Nullinienabschnitt der betreffenden Atemphase/mm Nullinie/sec., d. h. der Laufgeschwindigkeit des Filmstreifens/sec. Diese wurde für jede Atemphase gesondert festgestellt.
2. Zeit Inspiration/Zeit Exspiration.
3. V max. = größte Geschwindigkeit des Atemstromes in ccm/sec. Sie entspricht dem maximalen Nullinienabstand der Kurve und wurde errechnet aus der für den verwendeten Apparat gefundenen Eichkurve. Der Wert kann direkt aus einer aufgestellten Tabelle abgelesen werden.
4. V mittel = mittlere Geschwindigkeit der betreffenden Atemphase; sie entspricht dem mittleren Nullinienabstand der Atemphase. Der mittlere Nullinienabstand ergibt sich in mm aus dem Verhältnis:

$$\frac{\text{Planimeterfläche der betreffenden Atemphase in qmm}}{\text{Nullinienabschnitt der Atemphase in mm}}$$

(Planimeterfläche ermittelt mit Ott's Polarplanimeter).

5. Das Verhältnis Q = V max./V mittel ergibt einen absoluten Zahlenwert, der einen mathematischen Ausdruck für die Atmungskurve darstellt.
6. Das Volumen ergibt sich aus mittlerer Geschwindigkeit mal Zeitdauer der betreffenden Atemphase.
7. Mittlere Abweichung der Atemphasen, hier gesondert für Inspirium und Exspirium.
8. Die Frequenz n = Zahl der Atemzüge pro Minute, ergibt sich aus: 60 : (Zeit insp. + Zeit exsp.) für die normale Atmung. Die Berechnung der Frequenz erfährt bei der künstlichen Beatmung evtl. eine Veränderung, wenn inspiratorische oder exspiratorische Pausen in der Atmung auftreten, die natürlich bei

der betreffenden Atemphase auch berücksichtigt werden müssen. Das Minutenvolumen verkleinert sich hier dann entsprechend.

9. Das Minutenvolumen, aus Frequenz × Volumendurchschnittswert zwischen Ein- und Ausatmung; die Volumenwerte von Ein- und Ausatmung weisen meist kleine Unterschiede auf, die innerhalb der einzelnen Phasen natürlich vorkommen und sich bei längerer Atemregistrierung etwa ausgleichen müssen. Außerdem sind sie teilweise aber auch bedingt durch kleine Verschiebungen bei der Aufzeichnung der Nullinie. (Näheres s. bei Hochrein, Pflüg. Arch. Bd. 219, 224, 228.)

Die Berechnungsmethode der einzelnen Werte weicht von der Hochreins teilweise etwas ab, was infolge Fehlens eines einheitlichen Eichnungswertes bei dem verwendeten Apparat notwendig wurde. Ihre Richtigkeit wurde mittels Kontrollberechnung einiger Atemphasen durch die umständliche Zerlegung der betreffenden Kurvenfläche in schmale Trapeze und Dreiecke, die gesondert berechnet wurden, festgestellt. Die Volumenberechnung nach der Formel:

$$V = \frac{\text{qmm Fläche} \times \text{Eichnungswert des Tach.}}{\text{Registriergeschwindigkeit}}$$

wurde deshalb verlassen, weil genaue lineare Proportionalität zwischen Atemstromgeschwindigkeit und Ordinatenwert des Kurvenausschlages nur bedingt vorhanden ist, d. h. also, weil ein einheitlicher Eichungswert fehlt. Das gilt vor allem für die niederen Atemstromgeschwindigkeiten. Ebenso sind genauere Werte zu erhalten, wenn nicht eine gemeinsame, durchschnittliche Registriergeschwindigkeit gewählt wird, sondern wenn diese für jede Atemphase gesondert abgemessen wird. Die Zeitberechnung wird damit gleichfalls genauer. Diese Berechnungsmethode ist damit im Ganzen etwas langwieriger, dieser Nachteil wird aber durch die größere Genauigkeit wieder voll und ganz ausgeglichen.

C. Die normale Atmung.

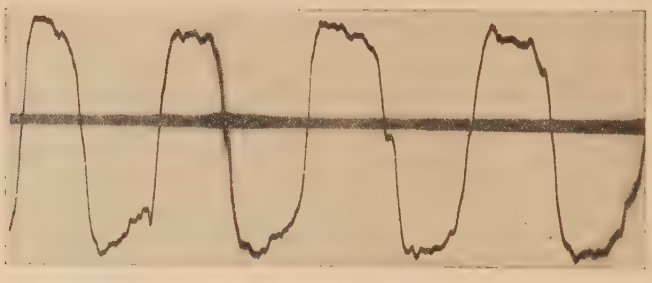
I. Die Spirometrie.

Ueber die normalen Atemgrößen ruhender Menschen bestehen ziemlich einheitliche Literaturangaben. O. Bruns beziffert sie mit 500 ccm/Atemzug. C. J. Mijnlieff gibt normale physiologische Werte ungefähr gleicher Größe an. Sie schwanken zwischen 500 und 800 ccm/Atemzug, und 6,0 bis 9,6 L/Minute. Dem entsprechen etwa auch die hier gewonnenen Versuchswerte. Die Ventilationswerte schwanken zwischen 420 und 820 ccm/Atemzug, während die Minutenvolumina sich zwischen 4,5 und 11,2 L bewegen. Bei beiden Angaben läßt sich ein starkes Ueberwiegen der Mittelwerte feststellen, während sie nach den extremen Seiten immer seltener werden. Die Frequenz schwankt zwischen 10 und 16/Minute; sie ist meist etwa umgekehrt proportional der Volumgröße der Atemzüge, d. h. langsamer Atemrhythmus erfordert größere Atemtiefe. Allerdings tritt bei einzelnen Versuchen mancher Versuchspersonen neben geringer Atemtiefe auch auffallend langsamer Rhythmus in Erscheinung, was wohl als Ausdruck des individuell verschieden großen Sauerstoffbedürfnisses (beim Pykniker klein) gewertet werden muß. Auffallend ist ferner noch, daß die einzelnen Versuchspersonen jeweils einen eigenen, sich ziemlich gleichbleibenden Typ der Atmung besitzen. Die mittlere Abweichung der einzelnen Atemzüge vom Durchschnittswert beträgt 3,5—20 %, wobei der letztere Wert für die Ruheatmung überraschend hoch erscheint; allerdings liegen auch hier die häufigsten Werte etwa in der Mitte, bei 8—12 %; und das stellt noch eine ausgeglichene, ungezwungene Atmung dar. Es zeigt sich eben hier schon die verschiedene Anpassungsfähigkeit der Versuchspersonen an veränderte Atembedingungen.

II. Die Tachographie.

Um die Analyse des normalen Ruheatmungstachogramms haben sich vor allem Fleisch und Bretschger bemüht. Letzterer hat auch 3 Grundformen des normalen Tachogramms — jede

ziemlich konstant für das einzelne Individuum — angegeben, denen sich die verschiedenen Geschwindigkeitskurven einordnen lassen: nämlich das kuppel-, das plateau- und das spitzförmige Tachogramm; dabei soll in der Ruhe vor allem das spitzförmige, in der Arbeit dagegen das plateauförmige Tachogramm häufig auftreten. Unsere Tachogramme sind alle an ruhenden Personen gewonnen. Hier aber zeigt sich ein deutlicher Unterschied besonders zwischen dem Inspirium, wo das kuppel- und das plateauförmige Tachogramm ungefähr zu gleichen Teilen auftreten, während das spitzförmige nur sehr selten in Erscheinung tritt, und dem Exspirium, wo das spitzförmige neben dem kuppelförmigen Tachogramm, zahlenmäßig ungefähr gleich stark, am meisten vertreten ist. Die Plateauform tritt ganz selten in Erscheinung. Die genaue Verteilung zeigt die kleine nachfolgende Tabelle:



Tachogramm der Ruheatmung.

Normales Tachogramm.

Form des Tachogramms	Ruheatmung		Q
	Insp.	Exsp.	
Kuppelform	9	9	rund 1,33
Plateauform	9	1	1,0 — 1,25
Spitzform	2	10	1,5 — 2,0

Der Quotient: Q = V max./V mittel (entspricht dem max./mittleren Nullinienabstand) stellt ja einen zahlenmäßigen Ausdruck für die Form des Tachogramms dar und gibt somit gewissermaßen

eine Kontrolle dieser Zuteilung zu den verschiedenen Typen. Nach Hartwich nähert sich dieser Quotient dem Wert 1 beim plateauförmigen und 2 beim spitzförmigen Tachogramm, während 1,33 etwa der Kuppelform entspricht. Der genaue Wert 1 würde einem mathematischen Rechteck entsprechen und ebenso 2 einem mathematischen Dreieck. Diese Werte werden beim normalen Tachogramm immer nur annähernd erreicht, wie sich ja physiologische Vorgänge nicht in mathematische Formen einzwängen lassen. Außerdem zeigen die normalen Geschwindigkeitskurven immer so viele kleine Zacken und Ausbuchtungen, daß sich diese Formen nie rein darstellen können. Daher kann man Q-Werte von 1,0—1,25 noch dem plateauförmigen und über 1,5 schon dem spitzförmigen Tachogrammtyp zurechnen, während die Zwischenwerte (1,25 bis 1,50) dem kuppelförmigen Typ zugerechnet werden dürfen.

Diesen 3 Grundformen des Tachogramms entspricht auch jeweils ein anderer Atemmechanismus. Nach Hartwich beruht die Spitzform im Inspirium auf ruckweisem Ansetzen der Muskelkontraktionen und im Exspirium auf passivem Kollabieren des Brustkorbes. Diese Spitzform kommt im Inspirium aber kaum vor, im Exspirium zwar häufiger, aber nie rein, was besagt, daß die Inspiration nicht ruckartig, sondern allmählich erfolgt und daß auch die Ausatmung kein rein passives Zusammensinken des Brustkorbes darstellen kann, sondern daß auch bei ihr aktive Kräfte von seiten der Lunge oder des Brustkorbes beteiligt sein müssen. Dementsprechend sind Q-Werte über 1,6 auch hier schon sehr selten. Anders ist es dagegen bei der Kuppelform. Da arbeitet der Körper schon sehr ökonomisch. Einem langsameren, gleichmäßigen Anstieg bis zum Maximum, das ungefähr in der Mitte liegt, folgt ein gleicher Abfall der Stromgeschwindigkeit bis zum Phasenwechsel der Atmung. Sie entspricht einem ebenso gleichmäßigen Arbeiten des Atemapparates. Dieses Tachogramm ist also der Ausdruck einer ruhigen, nicht forcierten Atmung. Das plateauförmige Tachogramm tritt im Exspirium der Ruheatmung sehr selten auf und auch im Inspirium hat es meistens Anklänge an das kuppelförmige Tachogramm. Nach einer Auf-

stellung von Bretschger ist das plateauförmige Tachogramm besonders häufig bei der Arbeitsatmung, sowohl im Inspirium als auch im Exspirium, aufgetreten. Das ist verständlich; denn während der Arbeit müssen ja größere Volumina bei der Atmung bewältigt werden. Daher haben wir hier eine aktivere Beteiligung der Atemmuskulatur in beiden Atemphasen. Die Folge ist ein rasches Ansteigen der Atemstromgeschwindigkeit bis zur maximalen Höhe, Anhalten auf derselben bis zu genügender Ventilation und dann wiederum rascher Wechsel zur nächsten Exspirationsphase, die ebenso aussehen muß. Das Ganze ist also ein Ausdruck forcierter Atmung.

Und nun die gefundenen Werte dieser Ruheatmung: Die Einatmungszeiten bewegen sich zwischen 1,33 und 2,04 sec., die Werte der Ausatmung zwischen 1,37 und 3,03 sec./Atemzug. Die Durchschnittswerte 1,64 sec. für die Inspiration und 2,16 sec. für die Exspiration verhalten sich wie 100 : 132 (nach Bretschger wie 100 : 115 und nach Staehelin und Schütze wie 100 : 135), die Zeit der Exspiration ist also rund ein Drittel länger als die der Inspiration. Dieser Wert entspricht damit dem von Letzteren angegebenen Verhältnis. Die maximalen Geschwindigkeiten der Inspirationen sind daher meistens auch größer als die der Exspiration. Es muß ja ungefähr das gleiche Volumen beidemal gewechselt werden. Die Durchschnittswerte sind: V max. insp. = 245 ccm/sec. und exsp. 230 ccm/sec. Umgekehrt ist das Verhältnis nur dort, wo sich das Exspirationstachogramm schon sehr stark dem reinen Dreieck nähert. Da muß die V max. exsp. größer werden als bei dem viel abgerundeteren Inspirationstachogramm. Den maximalen Geschwindigkeiten von Inspiration und Exspiration müssen auch die mittleren ungefähr entsprechen, da ja in der längeren Exspirationszeit mit kleinerer mittlerer Geschwindigkeit noch das gleiche Volumen gewechselt werden kann wie in der viel kürzeren Inspirationszeit. Das ist tatsächlich auch der Fall. Die Vmittel der Inspiration beträgt 200 ccm/sec., der Exspiration 170 ccm/sec. Die tachographisch bestimmten Volumina der normalen Atmung (Durchschnittswert/Atemzug: 350—400 ccm) sind durchschnittlich etwas kleiner als

die spirometrisch ermittelten Werte. Die Frequenz der Atmung ist am Tachographen im Durchschnitt zwar etwas größer als am Spirometer (16,5 gegen 13), aber trotzdem bleiben die tachographisch bestimmten Minutenvolumina ein wenig zurück gegenüber den Spirometerwerten.

Diese Unterschiede — deutlich werden sie vor allem bei kleinen Atemstromgeschwindigkeiten — sind wohl einerseits bedingt durch die dauernd steigende CO_2 Anhäufung in dem abgeschlossenen Spirometersystem, die eine Reizung des Atemzentrums und damit Vergrößerung der Atmung bewirkt, und zum andern durch die unvollständig genaue lineare Proportionalität zwischen Atemstromgeschwindigkeit und Ordinatenausschlag des Tachographen wie vielleicht auch durch die verschieden starken Atemwiderstände der beiden benützten Apparate. Außerdem sind sie auch ohne wesentliche Bedeutung; denn es werden ja immer unter denselben Bedingungen gefundene Werte von normaler und künstlicher Atmung miteinander verglichen, was ohne Vorbehalt geschehen kann und vor allem dient ja die Tachographie weniger zur Ermittlung der Volumina als vielmehr der Form und des Verlaufs der Atmung. Die mittlere Abweichung wurde auch hier festgelegt. Sie ist kleiner als die spirometrisch gefundene, und ein Zeichen dafür, daß sich die Versuchspersonen gut an diese Form der Widerstandsatmung gewöhnt hatten. Es bleibt noch, den Uebergang von der Einatmung zur Ausatmung zu betrachten. Ein Atemstillstand zwischen den beiden Atemphasen tritt nicht auf, was sich am Verlauf der Kurve längs der Nullinie zeigen müßte. Im Gegenteil ist der Uebergang der beiden Phasen überall klar zu erkennen. Das Inspirium setzt mit ziemlich steilem Anstieg der Geschwindigkeitskurve ein und kehrt etwa ähnlich zur Nullinie zurück, um von hier wieder steil und rasch zum Exspirationsmaximum aufzusteigen. Von hier aus verläuft die Kurve in einem großen Teil der Fälle in gleichmäßigen Bogen auf die Nullinie zurück. In einem kleineren Teil der exspiratorischen Phase — sehr spitze Form — fällt das Tachogramm langsam auf die Nullinie zurück, wo dann aber der Uebergang zur Inspiration ganz schlagartig auftritt. So läßt sich Beginn und

Ende jeder Phase deutlich erkennen. Diesen plötzlichen Uebergang von Exspiration zu Inspiration hat Bretschger damit gedeutet, daß sich der Beginn der Inspiration wahrscheinlich schon vor Ende der vollendeten Exspiration vorbereite.

D. Die künstliche Atmung.

I. Die Howard'sche Methode.

Die Beatmung wurde mit an den Körper angelegten Armen und auch in Einatmungsstellung (wie nach Silvester'scher Einatmung) ausgeführt. Die Lagerung der Versuchspersonen war flach. Unter die untere Brustwirbelsäule wurde lediglich eine nicht zu starke, schmale Rolle gelegt. Die Beatmung erfolgte durch die der unteren, seitlichen Brustkorbwand aufgelegten Hände, und zwar mit kräftigem Exspirationsdruck und raschem Loslassen. Die Versuche in Inspirationsstellung ergaben etwas bessere Ventilationswerte; daher sind hier nur sie berücksichtigt worden.

a) Spirometrische Bestimmungen.

Die Volumina der einzelnen Versuche liegen zwischen 300 bis 400 ccm/Atemzug (Durchschnitt 370 ccm) und bleiben weit hinter den dazugehörigen Normalatmungswerten zurück. Sie betragen teilweise nur 50 % derselben. Die mittlere Abweichung beträgt kaum mehr als 10 %, ein Zeichen dafür, daß die Beatmung ziemlich gleichmäßig durchgeführt wurde. Die Atemfrequenz betrug 11—12/Minute und wurde etwa dem Rhythmus der Ruheatmung angepaßt; sie entspricht außerdem etwa den in der Literatur vorgeschlagenen Zahlen. Die Minutenvolumina sind dementsprechend zu klein und betragen rund 60 % der Ruheatmungswerte. Daß diese Volumina zu klein sind, zeigte sich daran, daß die Beatmung nur kurze Zeit ausführbar war, ohne daß die Versuchsperson spontan mitatmete. Ein Zeichen dafür ist auch die Spätatmung, die nach sämtlichen Versuchen, zum Teil sehr stark, beschleunigt oder vertieft, meist aber beides gleichzeitig, war. Einzelne Spirometerwerte sind kaum 200 ccm/

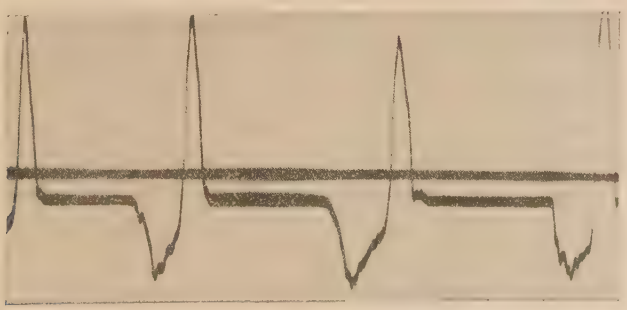
Atemzug, so daß es möglich ist, daß selbst bei den oben angegebenen kleinen Werten noch unbewußte Spontanatmung dabei ist.

b) Das Tachogramm.

Das Tachogramm der Howard'schen Atmung ist das typische Beispiel für eine rein passiv zustande gekommene Ein- und Ausatmung. Durch den kräftigen, exspiratorischen Thoraxdruck steigt das Exspirium rasch zu maximaler Höhe auf, um dann etwas weniger steil wieder zur Nullinie zurückzukehren. Bei länger anhaltendem Druck auf den Brustkorb fällt dieser absteigende Tachogrammschenkel langsamer, in spitz-konvexem Bogen auf die Nullinie zurück, wo dann bei nicht gleichzeitigem Beginn der nächsten Inspirationsphase ein Atemstillstand festzustellen ist. Es ergibt sich ein kurzer Atemstillstand, das Tachogramm verläuft bis zum Beginn des nächsten Inspiriums entlang der Nullinie, was gleichzeitig ein Beweis dafür ist, daß zwischen den beiden Phasen nicht spontan geatmet wurde. Das Inspirium beginnt sofort beim Nachlassen der exspiratorischen Thoraxkompression und zeichnet sich ganz deutlich ab durch fast senkrechtes Emporschnellen des aufsteigenden Schenkels der Kurve bis zum Maximum, wo sie mit einer scharfen Spitze umkehrt und anfänglich fast ebenso steil wieder zur Nullinie hin absteigt. Im zweiten Teil verläuft dieser absteigende Schenkel meist etwas langsamer, nach innen leicht konvex, zur Nullinie zurück und besitzt häufig einige inspiratorische Zacken; diese sind wahrscheinlich bedingt durch elastische Nachschwankungen des Thorax, der ja ganz ruckartig losgelassen wird. So entstehen im Inspirium meist fast mathematisch genaue, hohe gleichschenkliche Dreiecke mit sehr schmaler Basis. Das exspiratorische Tachogramm ähnelt ebenfalls einem gleichschenkligen Dreieck, das allerdings nicht so hoch und dessen Basis etwas breiter ist. Ein weniger kräftiger, gleichmäßiger Exspirationsdruck auf den Thorax macht sich bemerkbar durch ein gedehntes, mit einigen kleinen Zacken versehenes, exspiratorisches Tacho-

gramm mit sehr kleinen Ausschlägen und entsprechenden niederen Atemgeschwindigkeiten. Im gesamten ist eine derartige Beatmungsweise sehr wenig wirksam. Am besten wirkt ein rasches Zusammendrücken des Thorax, und ebenso nach kurzer Kompression ein ruckartiges Zurückschnellen vom Beatmeten (sog. „final push" Howards). Zu erwähnen sind hier noch die häufigen inspiratorischen Pausen, die eine Folge der überraschend kurzen Inspirationszeit sind und die wiederum die gute Passivität der Versuchsperson zwischen zwei Atemphasen beweisen im Gegensatz zu Henderson's Behauptung (bei einer Beurteilung der Schäfer'schen Atemmethode s. b. Bruns und Thiel „Die Wiederbelebung"), daß nicht die Manipulationen des Untersuchers, sondern mehr das Atemzentrum der Versuchsperson die Größe der Lungenventilation bestimme. Die Vergrößerung der Inspiration durch unwillkürliches Mitatmen ist hier sicherlich gering, was die kleinen Ventilationswerte und die extreme und glatte Tachogrammform mit den inspiratorischen Pausen beweisen. Der Uebergang von Inspirium zu Exspirium bzw. umgekehrt muß der besonderen Form des Howard-Tachogramms wegen überall exakt sein, wenn nicht eine inspiratorische oder exspiratorische Pause die genaue Grenze sowieso festlegt. Dieser besonderen Form des Tachogramms entsprechen auch die extremen Q-Werte, die in der Inspiration meist über 2,0 (Durchschnittswert 2,05) liegen und in der Exspiration nahe an diesen Grenzwert herankommen (Durchschnitt 1,7). Der Wert über 2,0 in der Inspiration ist bedingt durch den spitzkonvexen Verlauf des abfallenden Tachogrammsschenkels, der ausnahmsweise auch im Exspirium vorkommt. Diese Q-Werte sind ein Zeichen der extremen Tachogrammform des Inspiriums, während das Exspirium dem normalen wenigstens in etwa noch nahekommt. Dieser Form entsprechen weiter auch noch die maximalen Geschwindigkeiten, die im Inspirium durchschnittlich 415 ccm/sec. im Exspirium aber nur 280 ccm/sec. beträgt. Ferner noch die mittleren Geschwindigkeiten von durchschnittlich 200 ccm/sec. im Inspirium und 170 ccm/sec. im Exspirium. Dieses Verhältnis ist ungefähr umgekehrt proportional den Zeiten von Inspiration

und Exspiration. Das Zeitverhältnis der Inspiration/Exspiration ist 1 : 1,26 und entspricht etwa dem der normalen Atmung. Die Zeit der Inspiration ist allerdings überraschend kurz und dauert durchschnittlich nur 0,87 sec., während die Exspiration 1,1 sec. dauerte. Die Beatmung erfolgte zwar sehr viel rascher (Frequenz 22/Minute) im Durchschnitt als bei den spirometrischen Versuchen, aber trotzdem ergeben sich noch durchschnittlich beinahe 1 sec. dauernde, meist inspiratorische, Pausen/Atemzug, so daß praktisch bei voller Ausnützung der einzelnen Atemzüge eine Frequenz von 30—35/Minute angewandt werden könnte. Diese kurze Inspirationszeit scheint am besten zu zeigen, daß die Howard'sche Beatmungsmethode ungenügend sein muß, weil in dieser kurzen Zeit ein Gasaustausch in den Alveolen einfach nicht möglich ist. Und für das Leben ist, wie Brosch einmal ganz treffend bemerkt hat, eben nicht nur ein physikalisches Einströmen von Luft in den Bronchialbaum, sondern eine physiologische Inspiration mit Einströmen von Luft in die Alveolen notwendig. Dazu erweisen sich die Ventilationswerte noch als außerordentlich klein; im Durchschnitt wurde pro Atemzug nur 170—180 ccm Luft gewechselt mit einer mittleren Abweichung von 10—15 %. Die Ventilationswerte betragen teilweise nicht einmal 50 %, im Durchschnitt aber rund 60 % der zugehörigen Normalatemwerte; dabei sind aber diese Normalwerte schon relativ klein, infolge der raschen Frequenz. Infolge der noch größeren Frequenz bei der künstlichen Beatmung erscheint das Minutenvolumen, das rund 75 % der Normalatmung ausmacht, dennoch ziemlich groß, obwohl auch dieses noch nicht genügen würde.



Tachogramm der Howard'schen Atmung.

II. Die Silvester'sche Atemmethode.

Die Silvester'sche Beatmung wurde ausgeführt durch 2 Helfer. Ihre Anwendung geschah so, wie sie von C. J. Mijnlieff gefordert wird. Die Ausatmung wurde durch einen kräftigen exspiratorischen Druck durch die entlang dem unteren Rippenbogen aufgelegten und über dem Sternum sich kreuzenden Unterarme der Versuchsperson unterstützt.

a) Spirometrische Bestimmungen.

Von vorneherein muß betont werden, daß die gefundenen Volumwerte wahrscheinlich noch zu groß sind. Der Grund ist sehr naheliegend. Die Art der Einatmung, wie sie bei dieser Methode ausgeführt wird, macht es einer Versuchsperson, die sich nicht in einem durch Ueberventilation erzeugten, reflektorischen Atemstillstand befindet, ungeheuer schwer, ihre Spontanatmung vollständig auszuschalten. Die Beatmungsfrequenz betrug durchschnittlich 8—10 pro Minute, weil so nach Literaturangaben die größten Ventilationswerte erreicht werden sollten, und beträgt damit nur etwa 50—75 % der normalen Frequenz. Das Atemvolumen betrug durchschnittlich 520 ccm (also etwa 85 % der zugehörigen Normalatemgröße) bei einer mittleren Abweichung von 11 %. Diese Ventilationsgröße kommt dem von Liljestrand (1913) angegebenen Wert von 540 ccm/Atemzug sehr nahe. Allerdings hat dieser eine größere Frequenz von 15/Minute angewandt, so daß unsere Werte relativ etwas kleiner sind. Plomann (alte Silvester'sche Methode) und Loewy-Meyer (Silvester-Brosch) haben allerdings Werte angegeben, die für diese wie auch für die Howard'sche Methode ganz unglaubwürdig hoch erscheinen, und die nur durch aktives Mitatmen der Versuchsperson zu erklären sind. Die Minutenvolumina dieser künstlichen Beatmungsmethode machen nur etwa 60 % der normalen Ruheatmung aus und betragen durchschnittlich etwas über 4 L/Min. Daraus ist schon ersichtlich, daß diese Frequenz, selbst wenn sie die besten Atemvolumina ergeben sollte, nicht genügend ist; entscheidend ist das Minutenvolumen (C. J. Mijnlieff), ganz

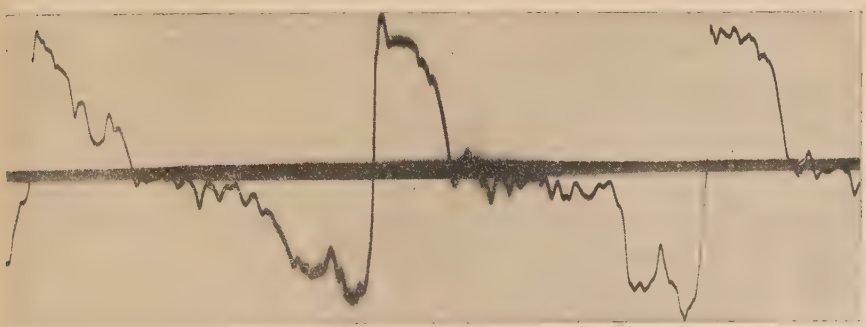
abgesehen von anderen Vorteilen einer rascheren Beatmung. Die Spätatmung ist auch hier meistens vertieft und beschleunigt, allerdings weniger stark als nach der Howard'schen Beatmung; sie besagt, daß die Ventilation nach Silvester sicherlich besser, aber auch da noch nicht genügend ist, wenn nicht mindestens eine der normalen Atmung entsprechende Frequenz eingehalten wird. Der RQ = respiratorische Quotient, der hier 0,9 durchschnittlich betrug, ist an sich ungefähr normal, aber noch nicht zu gebrauchen, weil er ja durch die Spätatmung viel zu stark verändert wird. Sicherlich ist er direkt nach der Beatmung kleiner.

b) Das Tachogramm.

Bei der Silvester'schen Atmung einen festen Tachogrammtyp aufzustellen, ist deshalb schwieriger, weil es häufig durch unwillkürliche Mitatmung etwas verändert erscheint im Gegensatz zum Howard-Tachogramm. Es wird auch hier wieder deutlich, daß es für die Versuchsperson schwer ist, sich völlig passiv zu verhalten. Sicher ist aber, daß sich dieses Tachogramm auf Grund der Anwendungsweise der Methode dem Howard-Tachogramm nähern muß. Das zeigt sich denn auch deutlich. Die Einatmung beginnt mit dem Nachlassen des Exspirationsdruckes auf den Brustkorb und zeigt sich am Tachogramm in fast momentanem, senkrechtem Aufsteigen des Tachogramms zu maximaler Höhe wie bei Howard. Von hier aus aber unterscheidet sich das inspiratorische Silvester-Tachogramm von letzterem dadurch, daß es nicht fast ebenso steil, sondern allmählich, in schrägem Verlauf, in den sich kleinere und größere inspiratorische Zacken einlegen, zur Nullinie zurückkehrt. Diese langsamere Rückkehr zur Nullinie und diese inspiratorischen Zacken sind der Ausdruck der Einatmungsbewegung der Arme und vergrößern so den inspiratorischen Effekt dieser kombinierten Einatmungsphase. Die Ausatmung stellt sich ungefähr als das Spiegelbild dieses Inspirationstachogramms dar, wenn sie auch der normalen Exspiration schon näher kommt als bei der Howard'schen Methode. Sie beginnt mit dem Zurückführen der Arme, was sich wiederum in langsamen, mit exspiratorischen Zacken versehenem Ansteigen

des Tachogramms äußert. Der zweite Teil dieses Anstiegs bis zum Exspirationsmaximum verläuft rascher, trägt manchmal auch noch einige kleinere exspiratorische Zacken und ist die Folge des finalen Exspirationsdruckes auf den unteren Brustkorb. Das Zurückführen der Arme macht sich allerdings manchmal auch sehr wenig bemerkbar, und erst die Thoraxkompression leitet den raschen Anstieg der Kurve zum Maximum ein. Von diesem Maximum kehrt dann das Tachogramm wie bei Howard bei raschem Nachlassen des Exspirationsdruckes rascher und steil, bei anhaltender Kompression langsamer, öfters in spitz-konvexem Bogen zur Nullinie zurück, wo sich bei nicht gleichzeitigem Beginn der nächsten Inspirationsphase in selteneren Fällen eine kleine exspiratorische Pause abzeichnen kann. Diese Pausen liegen aber häufiger am Ende des Inspiriums, wenn die Inspirationsstellung etwas zu lange eingehalten wird. Beginn und Ende der einzelnen Phasen sind überall gut zu erkennen, wenn auch in verschiedenen Fällen das Tachogramm in der letzten Hälfte der Inspiration und im ersten Teil der Exspiration nahe der Nullinie hin und her pendelt, d. h. rasch wechselnde niedere Geschwindigkeiten anzeigt. Das letztere ist wahrscheinlich eine Folge der Ein- und Ausatmungsbewegung der Arme. Andererseits gibt es auch Tachogramme, an denen sich diese Armbewegungen derart stark bemerkbar machen, daß man sehr geneigt ist, die langsame Rückkehr des Tachogramms zur Nullinie bzw. sein langsames Aufsteigen zum Maximum spontaner Mitatmung zuzuschreiben. Dieses Tachogramm darf man aber im allgemeinen noch als dreieckig bezeichnen und diese Spitzform ist hauptsächlich die Folge des angewandten Exspirationsdruckes. Wahrscheinlich würde die Tachogrammform bei Anwendung der ursprünglichen, einfachen Silvester'schen Beatmungsmethode ohne Exspirationsdruck auf den Thorax der Form einer ganz flachen Ruheatmung entsprechen, aber damit würde die Methode sehr wenig Wirksamkeit besitzen. Wieder entsprechend der Form des Tachogramms sind auch die Q-Werte, die im Inspirium 1,9 und im Exspirium sogar 2,1 durchschnittlich betragen, und die damit die Dreiecksform auch bestätigen. Die Frequenz war mit 9—10 Atem-

zügen/Minute wiederum ziemlich klein, hätte aber bei Vermeidung der pro Atemzug durchschnittlich etwa 1,1 sec. dauernden inspiratorischen Pausen 12 Atemzüge/Minute ohne jeglichen Volumverlust für den einzelnen Atemzug betragen können. Das Zeitverhältnis Inspiration : Exspiration war annähernd 1 : 1, wobei beide Phasen rund 2,5 sec. durchschnittlich betrugen. Der Form des Tachogramms entsprechend ist die maximale Geschwindigkeit im Inspirium wie Exspirium relativ groß und beträgt 420 ccm/sec. inspiratorisch und 460 ccm/sec. exspiratorisch, während die mittleren Geschwindigkeiten beider Phasen etwa gleich groß sind, entsprechend den gleichen Phasenzeiten, nämlich 223 bzw. 218 ccm/sec. Das Volumen/Atemzug mit 540 ccm durchschnittlich ist in diesem Falle bei der künstlichen Atmung sogar etwas größer als bei der zugehörigen Ruheatmung mit 490 ccm. Dabei ist aber zu berücksichtigen, daß die Ruheatmung bei der großen Frequenz von 16/Minute relativ klein ist für den einzelnen Atemzug und daß bei der Silvester'schen Beatmung außerdem infolge der großen mittleren Abweichung von 18 % inspiratorisch und 16 % exspiratorisch mit einem Teil Spontanatmung gerechnet werden muß. Das Minutenvolumen nach Silvester ergibt mit wenig über 5 L/Min. allerdings nicht einmal 70 % des zugehörigen Normalwertes und würde also auch in diesem Falle noch nicht genügen. Jedenfalls ist aber bei genügend rascher Beatmung wohl auch eine genügend große Lungenventilation zu erzielen, zumal da bis zu einer Frequenz von 12 Atemzügen/Min. (nach Bruns-Rhaesa bis zu 17/Min.) noch jeder Atemzug hätte voll ausgenützt werden können.



Tachogramm der Silvester'schen Atmung.

3. Die künstliche Atmung mit dem „Biomotor".

Die Versuche wurden mit dem Biomotor (Firma Lautenschläger, München) ausgeführt. Durch den wechselnden Druck und Zug, der sowohl Brust- als auch Bauchraum — letzteren wegen seiner größeren Nachgiebigkeit allerdings wesentlich stärker, — erweitert und wieder verengert, entsteht eine vorwiegend abdominelle Atmung, d. h. das Zwerchfell wird, immer dem stärkeren Druck nachgebend, zwischen Brust- und Bauchraum hin- und hergeschoben; dabei wird es während der Inspiration gleichzeitig stark gespannt und muß tiefer treten, da auch der untere Rippenbogen in sagittaler Richtung stark erweitert wird. Dadurch entsteht also, besser gesagt, eine gemischte kostal-abdominale Atmung. Daß durch diese gleichzeitige Erweiterung bzw. Verengerung des Brustraumes in kaudaler und in sagittaler Richtung eine große Wirkung erzielt werden muß, ist einleuchtend. Die Art der Beatmung ist für die Versuchsperson anfänglich etwas ungewöhnlich; deshalb muß eine genaue Anpassung erfolgen.

a) Die spirometrischen Bestimmungen.

Die Vermutung, daß durch diese Art der Beatmung eine große Brustraumerweiterung erzielt werden müßte, wird durch die gefundenen Volumina, die pro Atemzug mit durchschnittlich 1370 ccm mehr als das Doppelte der Ruheatmung betragen, bestätigt. Dabei ist die mittlere Abweichung nicht größer als die der Ruheatmung, nämlich nur 10 %. Die Frequenz der Beatmung von 12,2, Minute wurde der der Ruheatmung angeglichen, wo sie durchschnittlich 12,7 betrug. Daraus ergibt sich, daß auch das Minutenvolumen sehr große Werte aufweisen muß. Tatsächlich ist es mit 16,5 L/Minute durchschnittlich auch ungewöhnlich groß, wiederum mehr als doppelt so groß als das der Ruheatmung. Dabei sind einzelne Volumina größer als 2000 ccm/Atemzug und führen zu einem Minutenvolumen von über 20 L/Minute. Diese Werte sind viel zu hoch, aber sie sind absichtlich erzeugt worden. Es wurde nämlich durch künstlich erzeugte Ueberventilation ein

reflektorischer Widerstand gegen diese Beatmung hervorgerufen und damit gezeigt, daß diese Volumina nicht durch spontanes Mitatmen, sondern sogar gegen den Widerstand der Versuchsperson erzielt worden sind. Die Ueberventilation ist zustande gekommen, wie dies die Spätatmung und der RQ zeigten; aber die Volumina sind am Ende der Beatmung keineswegs kleiner geworden. Daraus ergibt sich auch, daß sicherlich bei größeren Atemwiderständen, wie sie in der Wiederbelebung und wohl auch in der Therapie vorkommen, noch große oder doch mindestens genügende Ventilationswerte zu erzielen sind. Und das ist für die Beurteilung einer Atemmethode wichtig. Deutliche Zeichen der aufgetretenen Ueberventilation sind hier die Spätatmung und der respiratorische Quotient. Die Spätatmung war teilweise vollständig aufgehoben, so daß die Apnoe, die einmal annähernd $^1/_2$ Min. andauerte, direkt zu sehen war, oder doch mindestens sehr deutlich verlangsamt und verkleinert, teilweise bis auf 20 % der Ruheatmung, und kehrte erst nach Minuten wieder auf ihren normalen Wert zurück. So konnte denn hier auch der RQ festgestellt werden, weil er durch die kleine Spätatmung nur unwesentlich verfälscht werden konnte. Seine Größe von 1,11 durchschnittlich entspricht auch ganz der Erwartung und zeigt gleichzeitig aber auch die sehr starke Kohlensäureabgabe und damit Kohlensäureverarmung des Blutes. Es ist klar, daß eine derartige Ueberventilation nur versuchsweise und für kurze Zeit angewandt werden kann, und daß bei jeder Beatmung eine individuelle Anpassung der Atemgröße mit genauer Kontrolle ihrer Wirkung erfolgen muß.

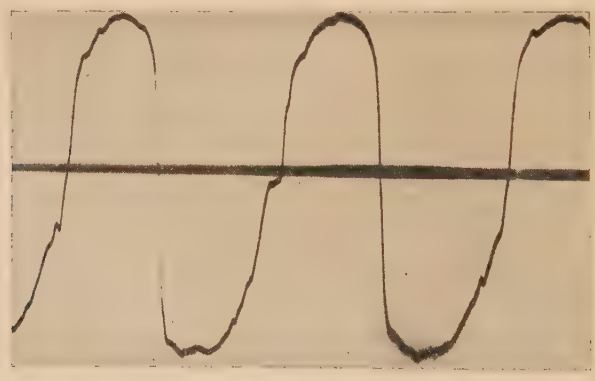
b) Das Tachogramm.

Das Tachogramm, das durch Beatmung mit dem Biomotor zustande kommt, zeichnet sich vor allen andern durch seine Gleichmäßigkeit aus, in der seine maschinelle Entstehungsweise klar zum Ausdruck kommt. Auch diese Tachogramme sind zwar unter sich etwas verschieden, aber die einzelnen Phasen des gleichen Tachogramms zeigen eine auffallende Gleichmäßigkeit sowohl der Form als auch der Größe. Die oben geschilderte, eigentlich

physiologische Wirkungsweise des Biomotors zeigt sich deutlich in beiden Phasen der Atmung im tachographischen Bild. Die Inspiration gleicht großenteils einem aktiv zustande gekommenen, ziemlich hohen Tachogramm und ist meist kuppelförmig, manchmal fast plateauförmig, d. h. das Tachogramm steigt bei Beginn der Inspiration fast augenblicklich bis nahe zur maximalen Höhe auf, um dann in langsamem, gleichmäßigem Rundbogen das Maximum vollends zu ersteigen, von wo es dann ebenso wieder zur Nullinie zurückfällt. Das bedeutet eine optimale Ausnützung der betreffenden Atemphase und kann nur bei absolut dichtem Sitz der Beatmungsglocke am Körper zustande kommen. Aehnlich ist zum Teil die exspiratorische Phase, nur daß hier der ansteigende Tachogrammschenkel noch steiler bis zum Maximum verläuft, wo die Kurve in mehr spitzem Winkel umkehrt, um im ersten Teil des absteigenden Schenkels in schönem, flachem Bogen und dann im zweiten Teil wieder rascher und steiler zur Nullinie zurückzukehren. Zeigt das inspiratorische Tachogramm anstatt der Kuppel- oder Plateauform einmal eine mehr oder weniger ausgeprägte Spitzform, so hat das als Ursache einen nicht völlig dichten Abschluß der Saugglocke am Körper. Durch Zuströmen von Außenluft läßt die volle Saugwirkung der Glocke rasch nach und bringt damit die maximale Geschwindigkeit ebenso rasch zum Abfallen. Das ist also ein Fehler, läßt sich aber nicht immer vollständig vermeiden, und ist außerdem auch nicht von großer Bedeutung, da die zu erzielende Ventilation trotzdem noch voll ausreicht. In der Exspiration begegnet uns diese Dreiecksgestalt normalerweise häufiger am Tachogramm, und zwar entweder so, daß sowohl der ansteigende als auch der abfallende Kurvenschenkel gleichmäßig schräg verlaufen, das Dreieck also einem gleichschenkligen nahekommt, oder aber so, daß der Anstieg rasch und gleichmäßig steil, der Abfall hingegen langsamer und gleichförmig schräg verläuft, das Dreieck also einem rechtwinkligen näherkommt mit dem abfallenden Schenkel als Hypothenuse. Diese verschiedenen Variationen sind natürlich bedingt durch die verschieden starke Druck- und Saugwirkung des Biomotors wie auch durch die verschieden gute Reaktion und Weichteilnach-

giebigkeit der betreffenden Versuchsperson. Am Ende des Exspiriums treten öfters einige scharfe, kleinere und mittelgroße exspiratorische Zacken auf, die in demselben Tachogramm eine derart auffallende Gleichheit aufweisen, daß sie nicht durch die Versuchsperson, sondern nur durch den Apparat verursacht sein können. Sie sind wahrscheinlich bedingt durch die letzte und stärkste Druckwirkung des Apparates vor der Umstellung auf die Inspiration. Aber davon abgesehen ist der glatte und zackenarme Verlauf des gesamten Tachogramms besonders bemerkenswert, wie er nicht einmal im Tachogramm der Ruheatmung so zu finden ist. Auch hier ist seine maschinelle Entstehung besonders deutlich. Dieser ausgeprägten Form entsprechend muß der Uebergang der beiden Phasen ineinander natürlich überall besonders exakt und deutlich sein; er vollzieht sich meist in nahezu einem rechten Winkel zur Nullinie. Inspiratorische oder exspiratorische Atemstillstände sind nie zu beobachten. Weiter müssen dieser Form auch die Q-Werte entsprechen. Sie betragen tatsächlich in der Inspiration kaum über 1,25 und kommen äußerst selten an den Grenzwert 1,5 heran (Durchschnittswert ist 1.30), ein Zeichen dafür, daß hier die Plateau- und die Kuppelform die Spitzform überwiegen. In der Exspiration dagegen überwiegt schon die spitze Form. Der Q-Durchschnittswert beträgt hier schon 1,45 mit großen Abweichungen nach unten und oben (der untere Grenzwert ist 1,16, der obere dagegen 1,75). Diese großen Schwankungen zeigen, daß das exspiratorische Tachogramm sehr stark variieren kann in seiner Form. Endlich haben dieser Form auch die maximalen Geschwindigkeiten zu entsprechen in beiden Atemphasen. Und das ist auch der Fall. Sie ist nämlich in der Exspiration mit durchschnittlich 625 ccm/sec. gegenüber der Inspiration mit 530 ccm/sec. wesentlich rascher und das ist auch verständlich, da ja diese maximale Geschwindigkeit der Ausatmung die kleineren Anfangs- und Endgeschwindigkeiten wieder ausgleichen muß. Auch die mittlere Geschwindigkeit ist hier im Exspirium etwas höher als im Inspirium, im Gegensatz zur normalen Ruheatmung, wo allerdings die Inspirationszeit auch kürzer ist als die Exspirationszeit. Dieses Zeitverhältnis beträgt bei der

Ruheatmung durchschnittlich 1 : 1,32, während die Exspirationszeit hier etwas, allerdings unwesentlich, verkleinert ist im Durchschnitt gegenüber der Inspirationszeit. Es gibt zwar auch Fälle, bei denen die Exspirationszeit wesentlich größer und das Zeitverhältnis der beiden Phasen dem der Ruheatmung ähnlich ist. Dieses Zeitverhältnis kann durch wechselnde Einstellung der Druck- und Saugstärke des Biomotors geändert werden. Die Frequenz richtete sich auch hier nach der der Ruheatmung und betrug für beide durchschnittlich 16/Minute; sie war damit beidemal rascher als bei den spirometrischen Versuchen. Dadurch wurde auch die Atemgröße etwas vermindert. Das Verhältnis von Ruheatmung und künstlicher Atmung aber bleibt etwa dasselbe. Die Volumwerte von nahezu 800 ccm/Atemzug und von über 12 L/Minute sind auch hier wieder mehr als doppelt so groß wie die entsprechenden Durchschnittswerte der zugehörigen Ruheatmung. Dabei beträgt die mittlere Abweichung der Atemzüge meistens nur 3—4 %, was wiederum die maschinelle Beatmung anzeigt.



Tachogramm der Biomotorbeatmung.

4. Die künstliche Atmung mit den Hans'schen Saugglocken:

Die Hans'schen Saugglocken stellen längsovale, der Größe einer großen ausgestreckten Hand entsprechende, mit glattem Rand versehene Gummiglocken dar. Sie werden beiderseits entlang dem

unteren Rippenbogen aufgedrückt und können sich mit ihrem glatten Rand dann dort festsaugen. Oben angebrachte Handgriffe ermöglichen es, durch kräftigen, gleichmäßigen Zug nach oben und außen in der Inspiration eine starke Thoraxerweiterung hervorzurufen, und in der Ausatmungsphase ebenso einen gleichmäßigen, elastisch federnden Druck anzuwenden. Darnach haben wir eine kombinierte inspiratorische und exspiratorische Beatmungsmethode vor uns, die, wie mir scheint, eine praktisch mögliche und auch bessere Anwendung der von van Hasselt-Schüller angegebenen Methode ermöglicht. Nach van Hasselt sollte die inspiratorische Brustkorberweiterung dadurch erreicht werden, daß mit den unter dem Rippenbogen eingehakten Fingern die untere Brustkorbwand nach oben gezogen wird, was aber einmal schmerzhaft und dann bei dicken Individuen gar nicht möglich ist. Das wird hier ganz einfach und viel besser erreicht. Die Ausatmung sollte nach Schüller noch durch kräftigen Druck auf den Thorax, ähnlich wie nach Howard, verbessert werden. Auch das wird mit den Hans'schen Glocken, infolge ihrer Größe gleichmäßiger und auf Grund ihrer Form und ihrer Herstellung aus nachgiebigem Gummi, viel schonender und besser erreicht. Im ganzen muß also eine gute Wirkung zu erzielen sein, obwohl die Methode den manuellen zuzurechnen ist, die doch im allgemeinen keine allzugroße Wirkung haben.

a) Spirometrische Bestimmungen.

Die spirometrischen Ergebnisse bestätigen diese Vermutung denn auch. Die Volumina betragen durchschnittlich 1250 c m und mehr als das Doppelte der zugehörigen Normalatmung, wobei die mittlere Abweichung nur etwa 10 % darstellt und wenig größer als die der Ruheatmung ist. Die Frequenz von 8 Atemzügen/Minute entspricht etwa der bei der Silvester-Atmung angewandten, kann und soll aber selbstverständlich immer rascher gehandhabt werden. Dieser langsamen Beatmung zufolge ist das Minutenvolumen der Ruheatmung gegenüber weniger stark vergrößert. Der Unterschied beträgt aber immerhin noch etwa 25 %,

wobei aber zu berücksichtigen ist, daß in diesem Falle die Ruheatmung mit 7,2 L/Min. relativ hoch ist bei einer durchschnittlichen Frequenz von 14 Atemzügen/Min. Dabei finden sich in den Versuchen wieder Durchschnittswerte, die rund 1500 ccm Atemzug betragen mit Atemvolumina von mehr als 11 L Min. Beide Werte entsprechen einer stark forcierten Atmung und veranschaulichen die sehr gute Wirkung dieser kombinierten inspiratorischen und exspiratorischen Beatmungsmethode. Die zu erzielende Brustkorberweiterung ist direkt sichtbar, und diese Erweiterung kann auch gegen großen Widerstand der Versuchsperson erzielt werden. Es ist daher unwahrscheinlich, daß diese hohen Werte durch spontane Mitatmung der Versuchsperson zustande gekommen sind, zumal da auch hier trotz der meist aufgetretenen Ueberventilation keine Abnahme der Ventilationsgröße erfolgt ist. Zeugen dieser aufgetretenen Ueberventilation sind auch hier die Spätatmung, die meistens deutlich verlangsamt oder verkleinert oder gar beides war, und außerdem auch der RQ, der seiner Größe nach zwar nicht ganz an den der Biomotoratmung herankommt, aber mit 1,02 durchschnittlich doch recht erheblich vergrößert ist. Die Versuchsperson hatte also sicherlich gar keinen Grund, spontan mitzuatmen. Ein Vergleich mit der ebenfalls kombiniert angewandten Silvester'schen Methode ergibt demnach eine recht deutliche Ueberlegenheit der Hans'schen Beatmungsmethode, die besonders in der weit besseren inspiratorischen Wirkung der letzteren begründet ist. Die Ventilation mit der Hans'schen Atemmethode muß daher sicherlich genügen und ist weitaus am größten unter den manuellen Methoden.

b) Das Tachogramm.

Das Tachogramm der Hans'schen Glockenbeatmung ist unter allen beschriebenen am wenigsten einheitlich. Wir treffen hier in der Inspiration alle Formen und Uebergänge vom fast reinen Plateau zur Kuppelform und von dieser zur fast reinen Spitzform. Hier wird die Abhängigkeit des Tachogramms von der Anwendungsweise der Methode im einzelnen Fall besonders deut-

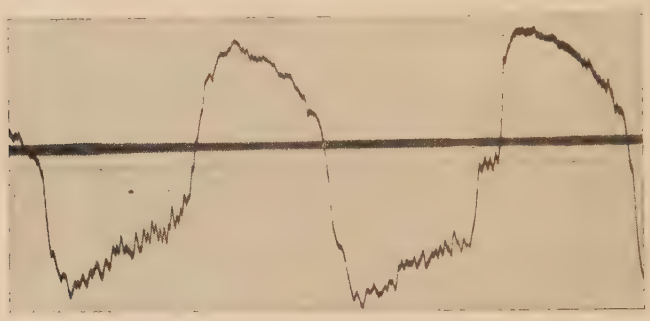
lich. Allgemein aber kann man schon sagen, daß sich das Inspirium häufig in Kuppelform mit ziemlich gleichmäßigem, allmählichem Anstieg zum Maximum und etwa ähnlichem Abfall zur Nullinie darstellt, als Ausdruck eines gleichmäßig zunehmenden Inspirationszuges. Indessen steigt das Tachogramm manchmal aber auch rasch und steil zum Maximum auf, um dann in mäßig gekrümmtem Bogen wieder langsamer zur Nullinie zurückzukehren. Das ist der Ausdruck eines sich anfänglich rasch, dann langsamer steigernden Inspirationszuges. Aber es treten außerdem auch extreme Formen auf. Ein Zeichen maximaler Ausnützung einer Atemphase ist das plateauförmige Inspirationstachogramm, das rasch ansteigt, längere Zeit in Höhe des Maximums verweilt, und dann ebenso rasch wieder zur Nullinie zurückkehrt. Nicht so das spitzförmige Tachogramm, das entweder passiv zustande kommt oder bei aktiver Entstehung ein Zeichen unökonomischen Arbeitens des Atemapparates darstellt. Beide Formen kommen auch hier vor. Das spitzförmige kommt so zustande, daß es rasch und steil zum Maximum aufsteigt, mit scharfer Spitze umkehrt, und dann in gleichmäßigem, schrägem Verlauf wieder zur Nullinie abfällt. Die Plateauform dagegen kommt dadurch zustande, daß die Geschwindigkeit am Beginn des Inspiriums durch kräftigen Zug rasch ansteigt, durch gleichförmig zunehmende Steigerung desselben eine gewisse Zeit beibehalten wird, um bei voller Brustkorberweiterung schnell wieder auf Null zurückzukehren. Beim spitzförmigen Inspirationstachogramm ist der anfängliche Zug noch stärker und plötzlicher, steigert sich aber nach Erreichen der maximalen Geschwindigkeit nur noch langsam, so daß der Brustraum in dieser Zeit ebenfalls nur noch geringfügig erweitert werden kann, bis bei der maximalen Erweiterung das Tachogramm in gleichmäßig schrägem Verlauf die Nullinie erreicht. Diese extremen Formen treten im Inspirium allerdings selten auf. Einheitlicher als die Inspiration stellt sich auch hier die Exspiration dar, die in fast allen Fällen dem spitzen Typ mehr oder weniger nahe kommt. Der Anstieg zum Maximum erfolgt dabei meist rascher als die Rückkehr zur Nullinie, wobei dieser abfallende Schenkel öfters

nach innen konvexe Form aufweist. Das ist der Ausdruck kräftiger, sich stetig steigernder und anhaltender Thoraxkompression. Am Ende solcher forcierten Ausatmung ist es auch möglich, daß einmal exspiratorische Pausen auftreten, nämlich dort, wo der Ausatmungsdruck zu lange andauert. Besser erscheint also auch hier wie bei Silvester eine flottere Beatmung für die zu erreichenden Volumina, ganz abgesehen von anderen Vorteilen dieser Anwendungsweise. Außer der erwähnten Form des Exspirationstachogramms begegnen uns aber auch noch andere, z. B. solche, die sich mehr einem gleichschenkligen Dreieck nähern, wo also aufsteigender und abfallender Schenkel annähernd gleichförmig verlaufen. Sogar Anklänge an die Plateauform sind einmal zu beobachten. Alle diese verschiedenen Formen erklären sich aus der verschiedenen Anwendung des Exspirationsdruckes. Der Uebergang von Inspiration zu Exspiration bzw. umgekehrt ist überall deutlich sichtbar. Auffallend ist an diesem Tachogramm vor allem noch der sehr große Zackenreichtum in seinem gesamten Verlauf, der eine feine Reaktion auf den niemals ganz gleichmäßig auszuführenden Druck oder Zug darstellt. Es bildet also einen krassen Gegensatz zu dem ausgesprochen Zackenarmen Tachogramm des Biomotors. Beidemale wurden forcierte Atembewegungen hervorgerufen, einmal manuell, das andere Mal aber maschinell. Erwähnenswert ist schließlich noch, daß auch hier, wie bei Howard, eine wenig kräftige, länger anhaltende Thoraxkompression geringen exspiratorischen Effekt erzielt. Dann zeigen diese stark veränderlichen Tachogramme noch etwas Besonderes, nämlich daß es möglich ist, die Beatmung so auszuführen, daß die Tachogrammform der der Ruheatmung ganz nahe kommt. Das ist, abgesehen vom Biomotor, bei den anderen Methoden nicht möglich. Dieser Aehnlichkeit der Geschwindigkeitskurven muß jedenfalls auch eine Aehnlichkeit im Zustandekommen der Inspiration und der Exspiration entsprechen. Wahrscheinlich ist diese Aehnlichkeit begründet in der Mitbeteiligung des Zwerchfells bei der Beatmung mit den Hans'schen Glocken. Dieses wird in der Inspiration durch die starke Erweiterung des unteren Rippenbogens gespannt und flacht sich ab, und führt so

nicht nur eine größere Brustraumerweiterung herbei, sondern übt auch gleichzeitig eine fördernde Wirkung auf den Kreislauf aus. Damit haben wir hier nicht nur ein passives Hin- und Herpendeln des Zwerchfells zwischen Brust- und Bauchraum wie bei den übrigen manuellen Methoden, sondern auf Grund der Wirkung eine Art physiologische Atmung. Dieses Zusammenwirken von Zwerchfellatmung und von kostaler Atmung ergibt also außer einer guten Ventilation dem Tachogramm zufolge diejenige Form der künstlichen Atmung, die am ehesten als „physiologisch" bezeichnet werden kann, wenigstens von den manuellen Methoden.

Damit bleibt noch eine Beschreibung der gefundenen Werte. Den beschriebenen Tachogrammformen entsprechen auch hier wieder die Q-Werte. Während die Inspiration mit durchschnittlich 1,55 an der Grenze zwischen Rund- und Spitzform steht, wobei aber Schwankungen von 1,3 bis 1,8 die wechselvolle Form des Tachogramms bestätigen, kommt die Exspiration mit einem durchschnittlichen Q-Wert von 1,65 der Spitzform schon viel näher. Hier liegt auch der kleinste Q-Wert mit 1,45 schon wesentlich höher, wie das obere Extrem von 1,93 dem reinen Dreieck schon sehr nahesteht. Die maximale Geschwindigkeit ist diesem Verhältnis entsprechend in der Inspiration etwa 10 % kleiner als in der Exspiration, wo sie durchschnittlich 400 ccm/sec. beträgt. Die mittlere Geschwindigkeit ist in beiden Phasen etwa gleich groß, nämlich 275 ccm pro Sekunde. Daraus läßt sich leicht ableiten, daß die Durchschnittswerte der Zeit von Inspirium und Exspirium ebenfalls ungefähr gleich sein müssen. Und das ist auch tatsächlich der Fall. Die Durchschnittswerte betragen im Inspirium 2,80 und im Exspirium 2,85 sec., wobei im Verhältnis einmal die eine, dann wieder die andere Phase etwas länger gedauert hat. Ein sich etwa gleichbleibendes Verhältnis zwischen beiden Phasen gibt es also nicht, wie z. B. bei der Ruheatmung. Die gefundenen Volumina/Atemzug sind auch hier mehr als doppelt so groß wie die entsprechenden Werte der Ruheatmung. Allerdings sind sie auch hier wieder etwas kleiner als die spirometrisch ermittelten Werte, während das Verhältnis aber ungefähr gleichbleibt. Die Frequenz betrug 11/Minute gegen-

über 17 der Ruheatmung, war also beidemal rascher als bei der Spirometrie. Somit ergeben sich auch hier teilweise nahezu 10 L betragende Minutenvolumina bei einem Durchschnittswert von annähernd 7,5 L/Minute. Dieser ist damit immer noch um 30 bis 40 % größer als der der zugehörigen Ruheatmung. Daraus ergibt sich also im gesamten wiederum eine mehr als genügende Ventilationsgröße.



Tachogramm der Hans'schen Glockenatmung.

E. Die Ergebnisse.

C. J. Mijnlieff hat folgende, nach der heutigen Anschauung notwendige Anforderungen an eine gute Methode der künstlichen Atmung gestellt:

1. Eine ausreichende Belüftung der Lunge muß gesichert sein.
2. Die Aufnahme des Sauerstoffes und die Ausscheidung der Kohlensäure in den Alveolen und die Blutzirkulation im kleinen Kreislauf von und nach dem Herzen muß angeregt werden.
3. Die Ernährung und die Funktion des Herzens selbst und, soweit möglich, auch der Blutstrom im großen Kreislauf des Körpers müssen gefördert werden.
4. Schließlich darf durch die Anwendung einer guten Methode nach Möglichkeit keine Schädigung des Kranken erfolgen.

Daneben gestellt sei noch eine Darstellung der Wirkung der künstlichen Beatmung, wie sie O. Bruns und K. Thiel in ihrer zusammenfassenden Darstellung der Wiederbelebung schildern. Unter Berücksichtigung der hier gewonnenen, verschiedenen vor allem tachographischen Ergebnisse läßt sich dann wohl ein vergleichendes Urteil über die angewandten Methoden abgeben. Zusammenfassend kommen Bruns und Thiel etwa zu folgendem Ergebnis:

Die Durchlüftung der Lungen ist nicht allzu groß mit den manuellen Atemmethoden, besser mit den maschinellen.

Obwohl bei Herz- und Atemstillstand der Sauerstoff nicht bis an diese Zentren gelangt, ist die Durchlüftung aber nicht zwecklos, weil der eingepumpte Sauerstoff dem Herzen selbst zugute kommt.

Die Blutbewegung aus den Venen nach dem rechten Herzen und von da über den kleinen Kreislauf nach dem linken Herzen wird möglich. Direkte Ernährung der Zentren und der Körperorgane ist aber nicht möglich, weil die Blutbewegung im großen Kreislauf zu gering und zu langsam ist, und außerdem im Blut zu geringe Sauerstoffspannung vorhanden ist.

Sie kommen damit zu dem Gesamturteil, daß die Vorteile aus Lungenbelüftung und Blutbewegung durch die künstliche Atmung nicht sehr erheblich sind, daß aber die Reflexeinflüsse, die durch die Beatmung zustande kommen, außerdem noch sehr wichtig sind; und zwar:

1. Eine Beeinflussung des Atemzentrums über den Vagus durch die Lungendehnung, (Breuer-Hering'sche Selbststeuerung der Atmung), wie denn solche Reizverbindungen auch zwischen Zwerchfell und Atemzentrum bestehen.
2. Eine Beeinflussung des Herzens selbst und des Herznervenzentrums, und zwar einmal durch vom Atemzentrum überspringende Reize, und dann durch mechanische Beeinflussung des Herzens selbst (indirekte Massage des Herzens durch Wechsel seines Innendruckes, und sog. „endokardiale Massage" des Herzens [nach Fontes und Thivolles] durch die hin- und hergetriebene Blutwelle).

Daraus ergibt sich natürlich, daß diese reflektorische Beeinflussung um so stärker werden muß, je größer die Atembewegungen ausfallen und je größer die Druckunterschiede im Brustkorb und damit gleichzeitig im Herzen zwischen Inspiration und Exspiration werden. Nach diesen Gesichtspunkten seien die angewandten Methoden also einmal etwas näher betrachtet.

1. Die Howard'sche Atemmethode ist eine rein exspiratorische Methode. Ihre Wirkung beruht also ganz allein auf der Elastizität des Brustkorbes. Schon darin liegt ein Nachteil begründet, nämlich der, daß die Ausatmung sehr forciert angewandt werden muß, wenn überhaupt ein Erfolg deutlich werden soll. Das ist einmal bei vielen Personen gefährlich (ältere Menschen, Stauungskreislauf), und dann, wie die Ergebnisse zeigen, für die Ventilation ganz ungenügend. Die durchschnittlichen Atemvolumina liegen nämlich sehr niedrig, etwa bei 250 ccm tachographisch und bei 350 ccm spirometrisch, und betragen oft nicht einmal die Hälfte der Ruheatmung. Die Ventilation ist damit natürlich viel zu klein, da sie immerhin doch etwa der normalen Atmung gleichkommen sollte. Die theoretische Möglichkeit, sie durch eine große Frequenz auszugleichen, besteht zwar; dazu wäre aber etwa eine Frequenz von 30—35/Minuten notwendig, wobei sogar noch jeder einzelne Atemzug voll ausgenützt würde, aber das wäre für Herz und Kreislauf untragbar und außerdem für den Helfer sehr ermüdend. Dabei ist noch etwas Wichtiges zu bedenken: Die Inspirationszeit ist derartig kurz — sie ist oft schon in einer halben Sekunde beendigt —, daß ein Gasaustausch in den Alveolen nicht möglich ist. Und das ist das Wichtigste, wenn nicht die ganze Beatmung wertlos sein soll. Außerdem wird durch die mangelnde inspiratorische Brustkorberweiterung der Blutstrom im kleinen Kreislauf unmöglich gemacht, da die Eröffnung der Lungenkapillaren nur bei genügender inspiratorischer Brustkorb- und damit Alveolenerweiterung möglich wird. Die Folge ist eine ebenso mangelnde Herzernährung, die wiederum seine Reaktionsfähigkeit herabsetzen muß. Daraus läßt sich weiterhin auch noch ableiten, daß die Reflexeinwirkung auf

Herz- und Atemzentrum ebenso ungenügend sein müssen; denn infolge der mangelnden Brustkorberweiterung ist die Reizwirkung auf den Vagus nur schwach und das Zwerchfell ist an der Atmung ohnehin kaum beteiligt. Die Einwirkung auf das Herz ist ebenso gering. O. Bruns hat festgestellt, daß die Druckinnenwerte im linken Herzen (gemessen an beatmeten, noch warmen Leichen) von $-^1/_2$ cm inspiratorisch bis zu 10 cm Wasser exspiratorisch schwanken, also vor allem in der Inspiration sehr klein sind, sehr viel kleiner als bei den inspiratorischen Methoden. Damit fällt also eine genügende Massagewirkung von seiten des Atemapparates auf das Herz weg, wie infolge der mangelnden Blutbewegung im kleinen Kreislauf von einer „endokardialen Herzmassage" wohl ebenso wenig die Rede sein kann. Das Tachogramm zeigt außer all dem, was sich aus der mangelnden Inspiration, dem mangelnden Volumen und der kurzen Zeit des Inspiriums ergibt, überall so unvermittelte und unphysiologische Uebergänge der Phasen, daß diese Atmung mit der natürlichen recht wenig mehr gemeinsam hat. Diese gefundene Tachogrammform entspricht durchaus der Anwendungsweise der Methode. Eine einigermaßen sichtbare Wirkung erfordert aber diese Anwendungsweise. Damit, glaube ich, besitzt diese Methode derart große Nachteile, daß sie, wenn irgendwie möglich, immer einer besseren Platz machen sollte.

2. Die Silvester'sche Atemmethode stellt eine inspiratorische, nach Silvester „physilogische" Methode dar, bei der die Exspiration noch durch einen Exspirationsdruck befördert werden kann, so daß dann also eine kombinierte inspiratorische und exspiratorische Atemmethode daraus resultiert. Allerdings zeigt sich hier, daß der Erfolg der Inspirations- wie Exspirationsbewegung gar nicht so groß ist. Die gefundenen Volumina sind in den meisten Fällen, teilweise sogar sehr erheblich verkleinert gegenüber denen der Ruheatmung. Ohne den angewandten Exspirationsdruck wären sie, das zeigt auch das Tachogramm, sicherlich noch viel kleiner. Die Durchschnittswerte/Atemzug betragen spirometrisch wie tachographisch etwa 500 ccm und stimmen

mit den von Liljestrand angegebenen etwa überein, betragen allerdings nahezu das Doppelte der von O. Bruns gefundenen. Letztere sind allerdings an Leichen gewonnen und wohl auch etwas zu klein. Bei dem angegebenen Wert von 500 ccm muß also wohl noch mit einem kleinen Teil unwillkürlicher Spontanatmung gerechnet werden; denn gerade bei dieser Methode ist es für die Versuchsperson am schwersten, ihre Spontanatmung vollständig zu unterdrücken. Das Tachogramm zeigt, daß die angewandte Frequenz von 8—9/Min. zu langsam ist, da meist inspiratorische oder exspiratorische Pausen auftreten. Um diese zu vermeiden, muß mindestens eine Frequenz von 12 Atemzügen/Min. angewandt werden, und dabei wird jeder Atemzug noch vollständig ausgenützt, ganz abgesehen von der besseren Wirkung einer rascheren Beatmung auf Herz und Kreislauf. Die Form des Tachogramms kommt in beiden Phasen dem normalen schon etwas näher, hat aber auch hier noch kein physiologisches Aussehen, was allerdings größtenteils durch den Exspirationsdruck verursacht wird. Was diese Methode vor der Howard'schen auszeichnet, ist die der normalen ähnlichere und bessere Brustkorberweiterung mit der Folge einer größeren Ventilation, einer besseren reflektorischen Beeinflussung von Herz- und Atemzentrum wie einer besseren Blutbeförderung im kleinen Kreislauf. Das längere Anhalten der inspiratorischen Brustkorberweiterung macht gleichzeitig auch einen besseren Gasaustausch in den Alveolen möglich, wodurch wiederum eine bessere Sauerstoffversorgung des kleinen Kreislaufs und des Herzens gewährleistet ist. Allgemein kann also gesagt werden, daß diese Atemmethode bei einer genügenden Frequenz, die womöglich über 12 Atemzüge/Min. betragen soll, eine bessere Ventilation ergibt und auf Grund ihrer Anwendung eine bessere reflektorische Einwirkung auf die Zentren hervorruft als die Howard'sche Methode.

3. Die künstliche Atmung mit den Hans'schen Glocken bedeutet eine Verbesserung der Silvester'schen Atemmethode. Der größere inspiratorische Effekt zeichnet sich hier im Tachogramm deutlich ab, das in vielen Fällen seiner Form und seinem Ver-

lauf nach dem normalen schon recht nahekommt und von maximaler Ausnützung der Atemphase zeugt, so daß diese Atmung als „physiologisch“ betrachtet werden kann. Es zeigt sich eben hier, daß eine künstliche Atmung um so besser wird, je mehr es gelingt, die Inspirationsphase zu unterstützen. Wirksam unterstützt wird hier die Inspiration durch die kräftige Erweiterung des unteren Rippenbogens, der gleichzeitig die Anspannung und damit ein Tiefertreten des Zwerchfells parallel geht. Dadurch erfolgt nicht nur eine noch günstigere Beeinflussung des Kreislaufs, sondern auch eine stärkere Reflexeinwirkung auf Herz- und Atemzentrum als bei der Silvester'schen Methode. Die Massagewirkung auf das Herz selbst wird damit ebenso verbessert. Die Minutenvolumina wie die Volumina/Atemzug sind voll ausreichend, sogar größer als bei der Ruheatmung. Das zeigen auch der vergrößerte RQ und die verkleinerte Spätatmung. Dabei ist bei der lang anhaltenden, maximalen Brustraumerweiterung ein vorzüglicher Sauerstoff-Kohlensäureaustausch in den ebenfalls maximal erweiterten Alveolen möglich. Infolge der genügend großen Ventilation braucht bei dieser Methode der Exspirationsdruck nicht so forciert wie bei den vorhergehenden beiden Methoden angewandt zu werden, es kann durch ihn also auch weniger eine Schädigung des Kranken (Rippenfrakturen, Leberzerreißungen) zustande kommen als bei Anwendung jener. Die angewandte Frequenz von etwa 8 Atemzügen/Min. ist zu langsam und wird am besten auf 12—15/Minute erhöht wie bei Silvester, damit auch hier möglichst viele Reize für Herz und Atemzentrum gesetzt werden können. Einen Nachteil hat die Methode vielleicht darin, daß sie für einen Helfer ziemlich rasch ermüdend ist, was aber dadurch leicht vermieden werden kann, daß die Beatmung von 2 Helfern ausgeführt wird. Diese Methode verhindert auch nicht die direkte Beeinflußung des Herzens (Arzneimitteleinspritzung, Klopfmassage), wie sie auch sonst in der Wiederbelebung üblich ist.

Nach einem Ueberblick über diese 3 manuellen Methoden kommt man also zu folgendem Ergebnis:

Eine rein exspiratorische, künstliche Atemmethode allein ist un-

genügend, eine inspiratorische oder noch besser eine kombinierte inspiratorische und exspiratorische Methode ist besser. Die Beatmung mit den Hans'schen Glocken ergibt von den 3 beschriebenen manuellen, wohl sogar überhaupt von allen manuellen Methoden, die besten Ergebnisse, infolge ihrer besseren inspiratorischen Wirkung. Sie ist heute wohl die beste bestehende Methode der künstlichen, manuellen Atmung.

4. Die künstliche Atmung mit dem Biomotor stellt eine maschinelle Methode dar und kann deshalb nicht ohne weiteres mit den vorhergehenden verglichen werden, zumal da ihre Anwendung in der Lebensrettung nicht überall und vor allem nicht immer sofort möglich ist und wohl auch eine noch größere Erfahrung als die manuellen Methoden erfordert. Ihr Hauptanwendungsgebiet liegt deshalb auf dem Gebiete der Therapie, wo sie sicherlich noch Besseres zu leisten imstande ist. Ihre Wirkung ist von den manuellen Methoden auch insofern verschieden, als sie eine vorwiegend abdominelle oder besser vielleicht eine gemischte kostal-abdominale Atmung darstellt, da ja auch eine ziemlich erhebliche inspiratorische Brustkorberweiterung erzielt wird. Die sich ergebenden Volumina sind beim Biomotor größer als bei allen andern Methoden, noch größer als bei der Anwendung der Hans'schen Glocken. Möglich ist sogar die Erzeugung einer sehr starken Ueberventilation, was der stark vergrößerte respiratorische Quotient von 1,11 wie auch die sehr stark verkleinerte Spätatmung deutlich zeigen. Die einzelnen Atemphasen werden maximal ausgenützt, das zeigt das Tachogramm, in dem vor allem der Kuppel- bis Plateautyp, besonders in der Inspiration beobachtet wird. Das Tachogramm hat also die Form einer vergrößerten normalen Atmung. Die Inspirationsphase ist meist von längerer Dauer als das Exspirium. Damit ist in Verbindung mit der sehr guten Ventilation ein sehr guter Sauerstoff-Kohlensäureaustausch in den Alveolen gewährleistet. Eine reflektorische Beeinflussung von Herz- und Atemzentrum ist sowohl infolge der starken Brustkorberweiterung wie auch der kräftigen Zwerchfellbewegungen gut ermöglicht. Das Herz selbst wird durch die

sicherlich recht großen Druckschwankungen im Thorax- und Herzinnern indirekt ebenso gut beeinflußt, kann allerdings aber während der Beatmung direkt nicht mehr angegangen werden im Gegensatz zu den manuellen Methoden. Der Kreislauf wird durch diese Beatmung gefördert; in der Inspiration durch die infolge starker Brustraumerweiterung verursachte Alveolen- und Kapillarerweiterung in den Lungen und durch das Tiefertreten des Zwerchfells, in der Exspiration durch die starke Blutbewegung aus dem komprimierten Bauchraum dem rechten Herzen zu. In der Gesamtwirkung ergibt sich also eine sehr gute Atemmethode.

Zusammenfassung.

Zusammenfassend ergibt sich also aus den angestellten tachographischen Versuchen folgendes:

1. Die künstliche Atmung nach Howard ist nach Form und Verlauf unphysiologisch und auch ungenügend.
2. Die künstliche Beatmung nach Silvester (mit Exspirationsdruck) ist zwar der normalen Atmung schon ähnlicher, stellt aber auch noch keine ideale Methode dar. Bei ihrer Anwendung ist eine Frequenz von mindestens 12 Atemzügen/Min. notwendig, da bis zu dieser Höhe noch jeder Atemzug vollständig ausgenützt wird.
3. Die künstliche Beatmung mit den Hans'schen Saugglocken und mit dem Biomotor stellt beidemal in hervorragender Weise eine ins große übersetzte normale Atmung dar.

Am Schluß der Arbeit fühle ich mich verpflichtet, Herrn Professor Dr. L. Fischer für die Ueberlassung des Themas, sowie die freundliche Beratung herzlich zu danken.

Ebenfalls darf ich Herrn Oberarzt Dr. H. E. Bock der Med. Klinik Tübingen bestens danken für die Uebernahme des Referates.

Mit dem Spirometer ermittelte Tabelle über

Nr.	Ruhe-Atmung Vol.	%	n	Vol./Min	Hans' sche Beatmung Vol.	%	n	Vol./Min.	RQ	Spätatmung
1a	446	± 12,7	12	5,35	1020	± 11,5	7	7,1	0,92	verlangsamt
b	580	± 13,1	11	6,4	1400	± 10,0	7,5	10,6	1,05	verlangsamt
2a	576	± 6,25	16	9,2	1400	± 11,8	9	12,6	—	normal
b	490	± 8,5	13	6,4	1000	± 9,0	8	8,0	—	wenig verlangsamt
3a	470	± 4,0	15	7,05	1540	± 10,0	8	12,3	0,9	deutlich verlangsamt
b	480	± 19,1	15	7,2	1090	± 12,6	8	8,7	0,9	wenig verlangsamt
4a	490	± 7,7	12	5,9	1050	± 11,4	7	7,35	1,0	wenig verlangsamt
b	550	± 3,5	12	6,6	1380	± 10,5	8	11,0	1,06	deutlich verlangsamt
5a	510	± 7,5	16	8,2	1140	± 11,7	9	10,3	1,18	normal
b	685	± 9,2	15	10,3	1430	± 7,8	8	11,4	1,14	normal
	Ruhe-Atmung				Howard'sche Beatmung					
1a	550	± 8,3	11	6,0	330	± 16,4	12	4,2	—	sehr stark vertieft und beschleunigt
b	556	± 13,0	11	6,1	370	± 17,3	12	4,4	—	stark vertieft und beschleunigt
2a	570	± 13,7	13	7,4	420	± 5.7	12	5,0	—	beschleunigt
b	570	± 12,3	13	7,4	390	± 13,9	11	4,3	—	stark vertieft und beschleunigt
3a	480	± 11,2	14	6,7	380	± 12,6	12	4,6	—	vertieft
b	420	± 9,7	15	6,3	300	± 13,3	12	3,6	—	sehr stark vertieft und beschleunigt
4a	585	± 14,0	12	7,0	330	± 14,5	10,5	3,4	—	vertieft und beschleunigt
b	480	± 9,2	12	5,8	320	± 7,5	11	3,5	—	vertieft und beschleunigt
5a	560	± 3,6	15	8,4	480	± 7,9	9	4,3	—	
b	620	± 6,1	15	9,3	370	± 14,3	12	4,4	—	stark vertieft und beschleunigt

Mit dem Spirometer ermittelte Tabelle über

Nr.	Ruhe-Atmung: Volumen in cm³	Mittlere Abweichung in %	n=Zahl der Atemzüge pro Minute	Volumen / Minute in Liter	Biomotor-Beatmung: Volumen in cm³	Abweichung %	n	Vol/Min	RQ	Spätatmung
1a	600	± 12,0	12	7,2	1443	± 4,5	13	18,7	1,23	20–30" Apnoe - stark verkleinert
b	653	± 10,3	10	6,5	1734	± 9,2	11	19,1	1,14	verlangsamt + verkleinert
1c	672	± 13,5	12	8,1	1390	± 13,0	12	16,7	1,24	"
2a	660	± 7,0	12	7,9	1878	± 7,7	12	22,5	1,06	wenig verkleinert
b	825	± 13,2	13	10,7	2050	± 9,75	12	24,6	1,09	deutlich verkleinert
3a	576	± 10,4	12	6,9	1080	± 10,3	13	14,0	1,00	Volumen auf die Hälfte reduziert
b	484	± 5,2	15	7,3	1345	± 8,25	12	16,1	1,06	1/3 d. Ruheatmung
4a	420	± 9,5	12	5,0	1080	± 15,5	14	15,1	—	verlangsamt
b	425	± 11,8	11	4,7	800	± 12,5	12	9,6	1,04	vermindert um die Hälfte
5a	580	± 7,6	16	9,3	1030	± 7,8	11	11,3	—	normal
b	730	± 8,8	14	10,2	1225	± 16,3	12	14,7	—	—
	Ruhe-Atmung				Silvester'sche Beatmung					
1a	590	± 9,1	10	5,90	500	± 18,6	8	4,0	—	
b	610	± 4,9	11	6,71	530	± 6,8	8	4,2	0,9	
2a	600	± 7,67	13	7,8	440	± 9,1	10	4,4	—	
b	565	± 7,1	12	6,8	510	± 15,0	10	5,1	—	
3a	545	± 8,25	15	8,1	410	± 12,5	12	4,9	0,74	
b	590	± 4,4	15	8,85	340	± 16,5	8	2,7	1,05	
4a	620	± 8,7	12	7,4	630	± 5,4	10	6,3	0,94	
b	740	± 5,1	12	8,9	650	± 9,2	10	6,5	—	
5	710	± 7,0	12	8,5	690	± 6,1	9	6.2	0,97	

Mit dem Tachographen ermittelte Tabelle über

Ruhe-Atmung

Nr.	Zeit in sec.		Zeit Insp/Exsp.		V max cm³/sec		V mittel cm³/sec		Volumen in cm³		mittlere Abweichung in %		Q		Respirat Pausen in sec.		n/min	Vol/min in Liter
	J	E	J	E	J	E	J	E	J	E	J	E	J	E	J	E	—	—
1	1,86	2,45	1 : 1,32		141	118	110	83	205	219	6,3	5,5	1,28	1,42	—	—	14	3,0
2	1,36	1,37	1 : 1		252	297	203	211	279	289	7,9	6,9	1,24	1,41	—	—	22	6,25
3	1,44	1,56	1 : 1,08		232	299	199	194	287	302	8,1	10,2	1,16	1,54	—	—	20	5,9
4a	1,60	2,39	1 : 1,5		203	150	159	103	254	247	13,0	12,1	1,28	1,48	—	—	15	3,75
b	1,96	3,03	1 : 1,82		164	122	127	80	212	243	7,5	6,6	1,29	1,51	—	—	12,8	2,9
5	1,41	2,04	1 : 1,45		194	153	155	112	219	229	5,0	3,3	1,25	1,33	—	—	17,4	3,9

Howard'sche Beatmung

1	0,57	0,76	1 : 1,33		593	308	289	211	157	158	8,0	8,4	1,93	1,46	1,51	—	21,1	3,32
2	0,73	0,93	1 : 1,27		466	419	247	237	183	218	19,1	7,8	1,89	1,77	0,77	—	24,7	4,9
3	1,11	0,96	1 : 0,87		423	315	194	211	215	202	8,7	13,5	2,18	1,50	0,23	—	26,0	5,4
4a	0,61	0,83	1 : 1,36		372	243	178	159	111	131	17,1	10,4	2·09	1,52	1,19	—	23,7	2,9
b	0,56	1,46	1 : 2,61		390	131	190	88	106	123	—	—	2,05	1,49	1,40	—	17,5	2,0
5	1,67	1,69	1 : 1,00		238	275	108	120	177	189	4,8	11,3	2,20	2,29	—	0,32	16,3	3,0

Mit dem Tachographen ermittelte Tabelle über

Ruhe-Atmung

Nr.	Zeit in sec.		Zeit Insp/Exsp.		V max in cm³/sec		V mittel in cm³/sec		Volumen in cm³		mittlere Abweichung in %		Q		Respirat. Pausen in sec.		n/min.	Vol/min in Liter
	J	E	J	E	J	E	J	E	J	E	J	E	J	E	J	E	—	—
1	2,04	2,67	1 : 1,31		261	189	178	137	361	361	14,4	7,5	1,42	1,38	—	—	12,7	4,6
2	1,50	1,63	1 : 1,09		400	434	336	335	504	545	10,5	3,3	1,19	1,30	—	—	19,1	10,0
3a	1,47	1,54	1 : 1,05		346	374	284	272	416	417	5,8	6,7	1,22	1,37	—	—	19,9	8,3
b	1,53	1,72	1 : 1,12		376	417	301	266	466	458	5,7	4,15	1,25	1,57	—	—	18,5	8,5
4a	1,94	2,69	1 : 1,39		325	248	231	179	450	478	12,0	7,2	1,40	1,38	—	—	13,0	6,0
b	1,94	2,69	1 : 1,39		325	248	231	179	450	478	12,0	7,2	1,40	1,38	—	—	13,0	6,0
5	1,94	2,70	1 : 1,39		447	443	345	276	669	743	4,5	3,5	1.30	1,60	—	—	13,0	9,2

Silvester'sche Beatmung

1	2,96	2,61	1 : 0,88		366	358	166	167	476	436	12,6	8,1	2,2	2,15	1,47	0,11	8,4	3,9
2	2,63	2,02	1 : 0,77		403	546	192	242	494	493	16,5	15,8	2,1	2,25	1,79	0,14	9,1	4,5
3a	2.47	2,20	1 : 0,89		369	470	197	241	474	517	22,3	20,5	1,87	1,95	1,93	0,33	8,7	4,5
b	2,58	2,87	1 : 1,11		373	493	232	212	593	572	20,0	12,2	1,61	2,32	0,29	0,53	9,6	5,6
4a	2,29	3,39	1 : 1,48		592	372	266	187	583	674	9,0	9,0	2,21	2,00	—	—	10,6	6,6
b	2,40	2,93	1 : 1,18		504	472	281	240	660	700	11,2	7,6	1,80	1,97	—	—	11,25	7,6
5	1,92	1,92	1 : 1,00		340	497	229	237	434	466	33,0	38,0	1,48	2,1	1,04	—	12,3	5,5

Mit dem Tachographen ermittelte Tabelle über

Ruhe-Atmung

Nr.	Zeit in sec.		Zeit Insp/Exsp.	V max in cm³/sec		V mittel in cm³		Volumen in cm³		mittlere Abweichung in %		Q		Respirat. Pausen in sec.		n/min	Vol/min in Liter
	J	E	J E	J	E	J	E	J	E	J	E	J	E	J	E	—	—
1	1,86	2,45	1 : 1,32	141	118	110	83	205	219	6,3	5,5	1,28	1,42	—	—	14	3,0
2	1,36	1,37	1 : 1	252	297	203	211	279	288	7,9	6,9	1,24	1,41	—	—	22	6,25
3	1,44	1,56	1 : 1,08	232	299	199	194	287	302	8,1	10,2	1,16	1.54	—	—	20	5,9
4a	1,52	2,06	1 : 1,35	246	217	194	158	296	330	5,1	5,5	1,26	1,37	—	—	16,7	5,25
b	1,66	3,03	1 : 1,82	164	122	127	80	212	243	7,5	6,6	1,29	1,51	—	—	12,8	2,9
5a	1,41	2,04	1 : 1,45	194	153	155	112	219	229	5,0	3,3	1.25	1,33	—	—	17,4	3,9
b	1,46	2,05	1 : 1,40	221	226	175	141	256	290	4,7	7,9	1,26	1,60	—	—	17,1	4,7

Hans'sche Glocken-Atmung

1	2,86	2,25	1 : 0,79	344	457	198	236	561	528	10,1	8,5	1,73	1,93	—	—		
2	1,87	2,27	1 : 1,21	430	386	261	253	489	565	10,8	6,2	1,65	1,52	—	—	11,7	6,4
3	2,06	2,61	1 : 1,27	475	443	340	294	695	766	10,4	6,7	1,40	1,50	—	—	14,5	7,6
4a	2,64	2,50	1 : 0,95	420	468	317	323	838	793	10,8	5,3	1,32	1,45	—	—	12,8	9,4
b	2,02	2,82	1 : 1,40	277	158	153	104	317	298	30,0	27,5	1,81	1,55	—	—	11,7	9,5
5a	4,34	4,07	1 : 0,94	304	398	192	225	839	917	12,2	6,8	1,58	1,77	—	—	12,4	3,82
b	3,66	3,44	1 : 0,94	347	511	252	291	932	1002	24,8	17,5	1,38	1,75	—	—	7,15	6,3
																7,4	7,2

Mit dem Tachographen ermittelte Tabelle über

Ruhe-Atmung

Nr.	Zeit in sec.		Zeit Insp/Exsp.		V max cm³/sec		V mittel cm³/sec		Volumen in cm³		mittlere Abweichung in %		Q		Respirat. Pausen in sec.		n/min	Vol/min in Liter
	J	E	J	E	J	E	J	E	J	E	J	E	J	E	J	E	—	—
1a	1,87	2,42	1 : 1,30		144	135	103	86	193	205	15,0	12,6	1,4	1,57	—	—	14,0	2,8
b	1,94	2,90	1 : 1,49		103	73	80	49,5	154	144	2,0	4,8	1,29	1,48	—	—	12,4	1,9
2	1,44	1,62	1 : 1,12		225	216	162	146	234	236	4,5	5,0	1,37	1,48	—	—	19,6	4,6
3	1,40	2,18	1 : 1,55		222	231	170	132	240	278	1,8	3,2	1,31	1,74	—	—	16,75	4,3
4	1,33	2,03	1 : 1,52		232	178	163	125	216	238	4,5	6,3	1,42	1,42	—	—	17,5	4,9
5	2,00	2,27	1 : 1,17		400	428	287	287	574	656	4,5	4,1	1,40	1,50	—	—	14,0	8,6

Biomotor-Beatmung

1a	1,77	1,95	1 : 1,1		585	582	472	456	832	890	3,7	2,6	1,24	1,28	—	—	16,1	13,9
b	1,91	1,22	1 : 0,64		383	546	273	409	523	501	8,0	14,7	1,40	1,33	—	—	19,1	9,8
2	1,55	2,27	1 : 1,42		596	649	496	370	766	843	3,2	2,3	1,18	1,75	—	—	15,7	12,6
3	2,02	1,43	1 : 0,71		494	626	365	541	737	759	6,0	4,2	1,35	1,16	—	—	17,4	13,0
4	2,68	2,13	1 : 0,80		475	685	326	439	874	971	5,15	10,2	1,45	1,56	—	—	12,5	11,5
5	1,44	2,15	1 : 1,50		646	662	546	430	790	920	18,5	22,0	1,18	1,54	—	—	16,7	14,3

Literaturverzeichnis.

I. Ueber die künstliche Atmung:

O. Bruns: Ueber Wiederbelebung durch künstliche Atmung. Klin. Wo. Schr. Jg. 6, Nr. 33, 1927, S. 1548.

O. Bruns-H. Schmidt: Wie wirken die verschiedenen maschinellen Wiederbelebungsmethoden auf Kreislauf und Lunge? Med.Klin. Jg. 17, Nr. 38, 1921, S. 1136.

Bruns-Rhaesa: Kritische Untersuchung über die Größe des Luftwechsels bei künstlicher Atmung. Beitr. z. Klinik der Tuberkulose Bd. 50, 1922, S. 6.

O. Bruns-K. Thiel: „Die Wiederbelebung", eine zusammenfassende Darstellung in „Ergebnisse der gesamten Medizin", Bd. 13, 1929.

P. Wichels-H. Lauber: Künstliche Atmung und Herztätigkeit, ein Beitrag zur Theorie und Praxis der Wiederbelebung. Med. Klin. 1932, II, 1093.

R. Eisenmenger: Tierversuche mit dem Apparat zur Erzielung künstlicher Atmung „Biomotor". Wien. klin. Wo.Schr. 1929, II, 1502 (Vorl.-Mitt.).

Ilse Hellich: Künstliche Atmung mit dem „Biomotor". Münch. Med. Wo.Schr. 1935, I, S. 421.

C. J. Mijnlieff: Welche ist die beste Methode der manuellen künstlichen Atmung und in welcher Weise ist dieselbe am besten auszuführen? Münch. Med. Wo.Schr. 1934, II, S. 1758.

— —: Zwei neue Methoden künstlicher Atmung. Münch. Med. Wo.Schr. 1935, I, S. 44 und 82.

E. Homann: Die Lebensrettung Ertrunkener (mit besonderer Berücksichtigung des heutigen Standes der Wiederbelebungsmethoden). Aus der Medizinischen Welt, 1936.

Stachelin und Schütze: Zeitschr. f. klin. Med. 75, 15, 1912.

Hans: Verhandl. Dtsch. Ges. f. inn. Med. 1934, S. 228.

— —: Med. Welt 1934, Nr. 32.

Henderson: Zit. n. Bruns und Thiel.

van Hasselt-Schüller: zit. n. Bruns.

Fontes-Thivolles: zit. n. Bruns.

Brosch: zit. n. Bruns und Thiel.

Liljestrand, Loewy-Meyer, Ploman: zit. n. Mijnlieff.

II. Ueber die Tachographie:

Hochrein: Pflüger's Archiv für die gesamte Physilogie, Bd. 219, 1928, S. 753; Bd. 224, 1930, S. 545; Bd. 228, 1931, S. 480.

Fleisch: Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie, Bd. 209, 1925, S. 713; Bd. 223, 1929, S. 364; Bd. 227, 1931, S. 322.

Fleisch: in Abderhaldens Handbuch, 5. Teil, 8. Heft, 6, 1932.

Bretschger: Pflügers Archiv für die ges. Physiologie, Bd. 210, 1925.

Hartwich: Zeitschrift für experimentelle Medizin, Bd. 69, 1930, S. 482.

— —: Klin. Wo.Schr. Bd. 8, 1929, S. 1902.

Engelmann: Deutsches Archiv für klin. Med., Bd. 157, 1927, S. 280.

Thiel: Deutsches Archiv für klin. Med., Bd. 167, 1930, S. 208.

Thiel-Quednau: Deutsches Archiv für klin. Med., Bd. 167, 1930, S. 196.

Lebenslauf.

Am 10. März 1913 bin ich, Josef Engeser, als Sohn des Bauern Franz Xaver Engeser und seiner Ehefrau Walburga geb. Flaig in Villingendorf bei Rottweil geboren. Nach Besuch des Gymnasiums Rottweil, wo ich im Frühjahr 1932 die Reifeprüfung ablegte, widmete ich mich ab Wintersemester 1932/33 in Würzburg und Tübingen dem Studium der Medizin, welches ich am 21. Juni 1938 in Tübingen mit dem medizinischen Staatsexamen abschließen konnte.

Die vorliegende Arbeit entstand in den Jahren 1937/38.